



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI,  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

***Ingegnerizzazione e Ottimizzazione del Flusso di  
Produzione di un componente per impianti a gas nel  
settore automotive***

---

RELATORI

Prof. Ing. Gino Dini

*Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale (DICI)*

IL CANDIDATO

Ivan Latella

*ivan.latella@alice.it*

Tutor aziendali: Daniele Agnesi, Matteo Razzauti  
Ditta: Hallite Italia S.r.l

Sessione di Laurea del 22/02/2017  
Anno Accademico 2015/2016  
Consultazione NON consentita

# Ingegnerizzazione e Ottimizzazione del Flusso di Produzione di un componente per impianti a gas nel settore automotive

Ivan Latella

---

## Sommario

Questo lavoro di tesi, generato dal tirocinio effettuato presso l'azienda manifatturiera *Hallite Italia S.r.l.*, è stato redatto in concomitanza della fase di prototipazione avanzata di una guarnizione speciale per riduttore di pressione di impianto a gas per motori Volkswagen ed ha avuto l'obiettivo di ingegnerizzare il processo di produzione migliorandone le performance in termini di efficacia ed efficienza. Dopo una fase iniziale di raccolta dati sul prodotto attraverso la realizzazione di lotti produttivi di prototipazione, sui requisiti/specifiche del cliente e analisi del processo produttivo AS – IS, sono stati condotti studi volti al miglioramento delle performance di prodotto, di processo e di sistema, giungendo alla definizione del processo TO – BE avendo avuto oltretutto la possibilità di verificare tali miglioramenti in termini qualitativi e quantitativi in fasi di realizzazione di successivi lotti di produzione, secondo le richieste del cliente. Altresì, sono state proposte nuove soluzioni di ottimizzazione sia in ottica immediata di avviamento in produzione sia futura per utilizzo di nuove tecnologie.

## Abstract

This thesis work, born by the internship realized in the manufacturing enterprise *Hallite Italia S.r.l.*, it was composed during the advanced prototyping phase of a special rod seal to be installed in the pressure adaptor utilized for Volkswagen motors and the object was that of a process flow engineering with improvement of efficacy and efficiency. After an initial phase on product data collecting trough the prototyping batch realization, on customer requirements and AS - IS production process analysis, studies are conducted on product/process/system performance improvement, achieving the TO – BE process definition. This is also proved by following batch realization in qualitative and quantitative terms, according to customer orders. Moreover, new optimization solutions are proposed both in an immediate instant of serial production launch and in a future instant for utilization of new technologies.

# INDICE

---

Sommario .....	1
Abstract .....	1
<b>1 Capitolo 1. Introduzione.....</b>	<b>7</b>
1.1 Importanza del miglioramento dei processi produttivi.....	7
1.2 Tirocinio .....	8
1.3 Hallite Seals International [1].....	9
1.3.1 Hallite Italia S.r.l.....	11
<b>2 Capitolo 2. The Optiseal System® .....</b>	<b>12</b>
2.1 Generalità .....	12
2.2 Selezione dei materiali .....	13
2.3 Certificazioni disponibili.....	14
2.4 Materiali del jacket.....	15
2.4.1 Fillers .....	16
2.5 Tipi di molla .....	20
2.5.1 Materiali della molla .....	21
2.6 Configurazione guarnizione .....	22
2.6.1 Profili labbro .....	22
2.6.2 Tipologie speciali di configurazione.....	25
2.7 Configurazione alloggiamento guarnizione .....	26
2.8 OptiGland.....	28
2.8.1 Piston Seals .....	29
2.8.2 Rod Seals.....	31
2.9 Opstiseal® Installation .....	32
<b>3 Capitolo 3. Special Rod Optiseal® .....</b>	<b>33</b>
3.1 Caratteristiche del Jacket.....	35
3.1.1 Materiale Special Rod Optiseal®.....	35
3.1.2 Sezione Special Rod Optiseal® .....	37
3.2 Molla .....	37
3.3 Configurazione presso il prodotto cliente .....	38
3.4 Articolazione attività svolte.....	40
<b>4 Flusso di produzione AS-IS.....</b>	<b>41</b>

4.1	Presentazione flusso di produzione .....	43
4.1.1	Tornitura jacket .....	43
4.1.2	Burattatura jacket .....	50
4.1.3	Montaggio molle .....	51
4.1.4	Validazione finale .....	52
4.2	Requisiti e performance stabiliti dal cliente .....	52
4.2.1	Informazioni sulla documentazione .....	53
4.3	Tornitura jacket .....	54
4.4	Burattatura jacket .....	61
4.5	Montaggio molle .....	63
4.6	Validazione finale.....	65
4.7	Documenti di controllo.....	66
<b>5</b>	<b>Capitolo 5. Performance produzione di pre-serie .....</b>	<b>68</b>
5.1	Studio sotto - processo: montaggio molle .....	68
5.1.1	Collaudo tools per puntatrice .....	74
5.2	Analisi statistiche lotto 50 pezzi.....	75
5.2.1	Test presso il cliente.....	79
5.3	Analisi performance lotto 450 pezzi .....	79
5.3.1	Analisi difetti.....	81
5.3.2	Root cause analysis .....	86
5.3.3	Sintesi delle cause di NC riscontrate.....	90
5.4	Analisi capacità produttiva.....	91
5.5	Risultati audit di processo cliente presso Hallite.....	93
<b>6</b>	<b>Capitolo 6. Definizione flusso di processo TO-BE .....</b>	<b>95</b>
6.1	Revisione e modifica tornitura jacket.....	95
6.1.1	Analisi non conformità per i 500 pezzi entro fine marzo .....	106
6.2	Revisione e modifica montaggio molle.....	106
6.2.1	Problema “doppia molla” .....	109
6.2.2	Soluzione adottata .....	112
6.3	Revisione e modifica documenti di processo .....	114
<b>7</b>	<b>Capitolo 7. Azioni di miglioramento .....</b>	<b>123</b>
7.1	Progettazione strumenti di controllo set-up.....	123
7.2	Cassetta storage jacket.....	127

7.3	Progettazione strumenti di convogliamento molle.....	131
7.3.1	Vibro-alimentatori.....	131
7.3.2	Sistemi robotizzati.....	135
7.4	Sensori per controllo processo installazione molle .....	140
7.4.1	Microinterruttori.....	141
7.4.2	Celle di carico .....	143
7.5	PTFE: trattamento criogenico .....	144
7.5.1	Caratteristiche trattamento criogenico .....	145
7.5.2	Studi sul trattamento criogenico .....	147
7.5.3	Caratteristiche delle operazioni di tornitura.....	151
<b>8</b>	<b>Capitolo 8. Conclusioni.....</b>	<b>157</b>
8.1	Risultati raggiunti e sviluppi futuri .....	157
<b>9</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>158</b>
	Tabella 1: Materiali trattati da Hallite Italia.....	11
	Tabella 2: Parameters for Seal Design.....	13
	Tabella 3: Material testing .....	14
	Tabella 4: Material Certifications .....	15
	Tabella 5: Common material jacket .....	16
	Tabella 6: Common fillers .....	17
	Tabella 7: Fillers e relativo effetto su PTFE .....	18
	Tabella 8: Common PTFE jacket materials .....	19
	Tabella 9: Speciality jacket materials .....	20
	Tabella 10: Lip profile parameters.....	25
	Tabella 11: specifiche tecniche PTFE TFM .....	37
	Tabella 12: scheda tecnica materiale molla .....	37
	Tabella 13: Tipologia di campioni .....	52
	Tabella 14: Indici di performance produttive .....	53
	Tabella 15: istruzione operativa tornitura jacket.....	59
	Tabella 16: Control Plan AS-IS .....	67
	Tabella 17: Istruzione operativa installazione molle .....	74
	Tabella 18: Grafico collaudo tools puntatrice.....	75
	Tabella 19: Studio statistico cross section 50pz.....	76
	Tabella 20: Studio statistico diametro interno 50pz.....	77
	Tabella 21: studio statistico altezza 50pz.....	78
	Tabella 22: Studio statistico altezza 450 pezzi .....	80
	Tabella 23: NC 450 pezzi.....	81
	Tabella 24: Tipologie NC 450 pezzi .....	81
	Tabella 25: Caratteristiche scalini.....	83

Tabella 26: Grafico ripartizione NC .....	84
Tabella 27: Cause NC e AC .....	91
Tabella 28: Cadenza TCN32 .....	91
Tabella 29: Cadenza puntatrice .....	92
Tabella 30: Istruzione operativa trattamento non conformità .....	99
Tabella 31: Valutazione economica tornitura jacket .....	101
Tabella 32: Istruzione operativa tornitura jacket TO-BE .....	103
Tabella 33: Istruzione operativa inserimento utensile speciale su carro 1 .....	104
Tabella 34: Foglio Raccolta Dati per Utensile Speciale cava molla .....	105
Tabella 35: Istruzione operativa controllo visivo di produzione jacket .....	106
Tabella 36: Scheda manutenzione tools per molle .....	109
Tabella 37: Control Plan aggiornato .....	118
Tabella 38: PMEA .....	122
Tabella 39: Soglia RPN ed istogramma valori .....	123
Figura 1: V-Spring .....	20
Figura 2: Flat Band Helical .....	21
Figura 3: Canted Coil .....	21
Figura 4: S_Lip double radius lip .....	22
Figura 5: A-lip single radius lip .....	22
Figura 6: B-lip bevel lip .....	22
Figura 7: D-lip Scraper lip .....	24
Figura 8: F-lip dual scraper lip .....	24
Figura 9: J-lip scraper radius lip .....	24
Figura 10: Optiface Seal .....	25
Figura 11: Flanged optiseal Component .....	26
Figura 12: Opti-Oil Seal .....	26
Figura 13: One-piece Gland .....	27
Figura 14: Step-cut Gland .....	27
Figura 15: two-piece Gland .....	27
Figura 16: Face Seal Gland .....	28
Figura 17: Piston Seal Parameters .....	29
Figura 18: Rod Seal Parameters .....	31
Figura 19: One-Piece Pisto Groove .....	32
Figura 20: One-Piece Rod Groove .....	33
Figura 21: Special Rod Optiseal .....	34
Figura 22: Sezione Special Rod Optiseal® - disegno di controllo ID-001653-11-00 .....	34
Figura 23: IS-001653 .....	35
Figura 24: PTFE TFM. TFM = tetrafluorometile .....	36
Figura 25: IS-001653 .....	37
Figura 26: Molla pre-formatura .....	38
Figura 27: IM-001653 etched spring .....	38
Figura 28: Riduttore di pressione .....	39

Figura 29: Tools del cliente .....	40
Figura 30: diagramma di flusso processi Optiseal .....	42
Figura 31: Tornio TCN32 .....	43
Figura 32: Utensile speciale cava molla .....	43
Figura 33: Buratto .....	50
Figura 34: Puntatrice e Pressa manuale .....	51
Figura 35: Supporto jacket, maschio d'installazione e fine corsa.....	51
Figura 36: TCN32 .....	55
Figura 37: caratteristiche mandrino TCN .....	55
Figura 38: Spingi-barra TCN .....	56
Figura 39: Sistema di bloccaggio barra PTFE .....	56
Figura 40: assi TCN .....	57
Figura 41: Macchina ottica .....	60
Figura 42: ID-001653.....	60
Figura 43: Calibro digitale centesimale .....	61
Figura 44: Buratto Superminor SMR- D-120-SF+, albero di centraggio e fissaggio asportabile, componenti abrasive .....	62
Figura 45: Istruzione operativa burattatura .....	63
Figura 46: Pressa manuale .....	64
Figura 47: Puntatrice per installazione molle e relativi elettrodi .....	65
Figura 48: Controllore puntatrice TE550 e puntatrice .....	69
Figura 49: Disegno elettrodo puntatrice.....	70
Figura 50: Tool inferiore installazione molla .....	71
Figura 51: Tool superiore installazione molla .....	72
Figura 52: Bava cava, taglio e scalino .....	82
Figura 53: Diagramma a "lisca di pesce" .....	86
Figura 54: Certificato di collaudo Guarniflon®.....	87
Figura 55: Utensile speciale per cava molla .....	88
Figura 56: Programma di lavorazione per asportazione di truciolo.....	89
Figura 57: Simulazione della traiettorie dell'utensile speciale cava molla .....	90
Figura 58: Asta porta-molle .....	112
Figura 59: Penna magnetica.....	113
Figura 60: Diagramma flusso di processo aggiornato .....	115
Figura 61: Punzone inferiore da taglio jacket .....	125
Figura 62: Punzone superiore da taglio jacket .....	126
Figura 63: Accoppiamento punzoni per taglio sezione jacket .....	127
Figura 64: Lame per cesoia adattate al taglio .....	127
Figura 65: Cassetta storage jacket.....	128
Figura 66: Componente d'ancoraggio imbocco .....	129
Figura 67: Imbocco .....	130
Figura 68: Imbocco con supporto .....	131
Figura 69: Vibro-alimentatore per asservimento molle della Deca S.r.l .....	133
Figura 70: Trasportatori lineari di minuteria.....	134
Figura 71: Piastra per pre-assemblaggio Optiseal.....	137

Figura 72: Mini-Robot a portale della Aerotech.....	138
Figura 73: Sistema automatizzato Nordson + teach pendant.....	139
Figura 74: Attuatore a 2 assi.....	140
Figura 75: Microinterruttore a leva lunga Giovenzana.....	142
Figura 76: Celle di carico KISTLER.....	143
Figura 77: Usura superficie rispettivamente a -120°C, -50°C e 20°C.....	150
Figura 78: Caratteristiche taglio tornitura Ensinger.....	156

# 1 Capitolo 1. Introduzione

---

## 1.1 Importanza del miglioramento dei processi produttivi

Nei giorni nostri una delle maggiori fonti di vantaggio competitivo è costituita dal miglioramento continuo dei processi industriali, sia nell'ottica dell'efficacia – il cui fine ultimo è generalmente costituito dalla soddisfazione del cliente ed, in generale, di tutti gli Stakeholders – sia dell'efficienza, cioè la capacità di utilizzare meno risorse possibili per il raggiungimento degli obiettivi pianificati.

Il miglioramento continuo è ormai un must non solo dal punto di vista dei processi produttivi, ma dell'intero sistema aziendale. In base ai principi introdotti sin dal modello di gestione giapponese (Ishikawa in primis) - che ha costruito le basi di quella che viene chiamata *lean production* già applicata da 50 anni in Giappone ma ancora non è del tutto radicata nella cultura occidentale e tanto meno italiana - con la CWQC (Company Wide Quality Control) e la logica PDCA (Plan, Do, Check, Act) introdotta da Deming negli anni 60, il miglioramento continuo è arrivato successivamente ad essere uno degli 8 punti fondamentali del TQM per l'eccellenza sostenibile ed aver una sezione tutta dedicata nella norma ISO 9001:2015. L'importanza del miglioramento continuo, perciò, è considerata non soltanto come fonte di riduzione dei costi aziendali o principio che rende un'impresa competitiva in un determinato settore, ma come meccanismo di generazione d'innovazione per consentire il progresso sia dell'impresa ma soprattutto della società.

Nell'oggetto di questo progetto di tesi, il focus è incentrato sui processi produttivi relativi alla produzione di un prodotto nuovo, disegnato in base alle specifiche del cliente: l'importanza sia della comprensione dei requisiti in base al contesto applicativo sia della necessità di esperienza pregressa e/o da acquisire per l'ottenimento di un flusso di processo produttivo stabile ed efficiente si rivela fondamentale vista la criticità della collocazione del prodotto in questione e quindi delle



conseguenze potenziali che un'eventuale accadimento di un evento sfavorevole può provocare soprattutto sotto il profilo ambientale e della sicurezza. I fattori e valori predominanti che l'azienda ritiene importanti ed a cui si ispira, considerate anche le varie certificazioni, che mi hanno coinvolto personalmente e quindi ho avuto modo di denotarne l'applicazione effettiva sono stati sicuramente:

- Importanza del fattore umano
  - o l'azienda confida molto nelle conoscenze, qualifiche e competenza del personale operativo tanto che non avviene alcuna supervisione diretta, grazie anche all'empowerment, la capacità di scegliere e libertà di azione che – fatta eccezione di procedure e istruzioni di processo codificate e da rispettare quasi pedissequamente - i responsabili affidano per le attività operative;
- Creazione di un'ambiente favorevole allo svolgimento dei processi
  - o l'atmosfera, il clima che si vive in azienda e sicuramente piacevole grazie anche alla realtà contenuta che quindi favorisce l'integrazione e la comunicazione;
- Organizzazione orientata al cliente
  - o Il cliente e la sua soddisfazione sono elementi cardini della cultura aziendale. Sin dalle fasi di progettazione, infatti, il cliente ha un ruolo molto attivo nello stabilire i requisiti e le specifiche e partecipare con frequenti scambi di informazioni sia telematici sia face to face: il cliente, oltre che esser il committente della commessa, ha un ruolo di prosumer nella gestione del rapporto.

## 1.2 Tirocinio

Il lavoro di tirocinio è stato effettuato a Guasticce (LI) presso l'azienda Hallite Italia S.r.l, filiale appartenente alla Corporate Hallite Seals International, produttore mondiale nel settore dei polimeri rinforzati, con lo scopo di dare il mio contributo sull'ingegnerizzazione e ottimizzazione del flusso produttivo nell'ottica della realizzazione di serie di una particolare tipologia di guarnizione da installare nel riduttore di pressione dell'impianto a gas per motori Volkswagen: *Special Rod Optiseal®*. Si tratta di un lavoro che riguarda l'intero processo di produzione sia per quanto riguarda il lato tecnico a livello di attività operative sia quelle relative alla realizzazione di tutta la documentazione necessaria per il controllo dei processi d'importanza sia interna sia per il cliente committente.

Al mio ingresso in azienda, infatti, era stato stabilito soltanto il macro-processo produttivo mentre i metodi, procedure, strumenti, attrezzature erano ancora definiti in modo rudimentale e in taluni casi del tutto assenti: il processo, i sotto-processi e le singole attività, infatti, si trovavano allo stadio di prototipazione, in particolare fase proto C in base alla nomenclatura attribuita dal cliente

committente al processo di progettazione congiunta.

Altri portatori d'interesse anche dal mio punto di vista d'importanza primaria per lo svolgimento delle mie attività sono stati gli ingegneri appartenenti al team di audit: infatti, il 25 febbraio 2016 ha costituito una data per me molto importante in quanto ho avuto la possibilità di partecipare attivamente ad un audit di processo produttivo assieme al team precedentemente menzionato e ciò ha contribuito al bagaglio d'esperienza poiché ho avuto modo di conoscere sia le dinamiche di attività di tal fattispecie sia del modo di pensare e di lavorare di persone molto esperte del settore ed appartenenti ad una società molto importante. Altra tappa importante della mia attività di tirocinio è stata senz'altro la visita presso il cliente in occasione della consegna diretta di un primo piccolo lotto di avviamento in produzione: ho avuto modo di conoscere, per quanto riguarda ciò che doveva interessarmi da vicino inerentemente al mio ruolo, tutti i componenti dell'impianto a gas, disegni, macchinari per l'effettuazione dei test di collaudo ed effettuare in prima persona l'installazione del prodotto presso l'alloggiamento di pertinenza dell'impianto attraverso le attrezzature adibite a tal operazione.

In definitiva, grazie a questo tirocinio, anche in base al giudizio definitivo del tutor Agnesi, ho avuto modo di acquisire buone capacità di analisi delle problematiche emerse, suggerire e sviluppare adeguate soluzioni per l'ottimizzazione ed automazione del processo produttivo, migliorare le capacità di organizzazione e lavoro in team. Essendo alla prima esperienza lavorativa, sono stato molto motivato e soddisfatto sia per le attività da svolgere - ottimamente inerenti al mio corso di studi anche se a primo impatto la realtà possa sembrare più propriamente di stampo relativo all'area meccanica – sia per la capacità che ho dimostrato al raggiungimento degli obiettivi che venivano di volta pianificati e discussi all'interno delle review settimanali che venivano organizzate coi due responsabili sopra menzionati nonché tutor. Ritengo, inoltre, che l'occasione fornitami da Hallite per lo sviluppo della presente tesi di laurea sia stata preziosa e mi ha consentito di svolgere un progetto in una realtà al contempo piccola - così da favorire l'integrazione tra colleghi e anche con lo stesso direttore aziendale e rendere facili gli scambi comunicativi soprattutto per quanto riguarda la tesi – ma interessante poiché ingloba tutte le caratteristiche di un'impresa, quale è, manifatturiera ed oltretutto avente core business relativo alle materie plastiche, tema molto poco trattato nei corsi di ingegneria.

### **1.3 Hallite Seals International [1]<sup>1</sup>**

Hallite Seals International, che fa parte del gruppo Fenner, produttore mondiale nel settore dei polimeri rinforzati, è accreditata dalle ISO 9001 per la produzione di guarnizioni di tenuta per

---

<sup>1</sup> <http://hallite.com/it/>

applicazioni idrauliche e pneumatiche con una vasta gamma di raschiatori, tenute statiche, tenute stelo e pistone, anelli di guida ed altri profili. L'azienda opera in 5 continenti lavorando con moltissimi clienti internazionali con cui sono state avanzate soluzioni tecniche molto specifiche. Da oltre un secolo la Hallite Seals International è un importante riferimento del panorama internazionale nella produzione di sistemi di tenuta con una vasta gamma di profili e misure per applicazioni dinamiche e statiche su stelo e pistone: una vasta selezione di materiali incluso PTFE Poliuretano (AU) gomma nitrilica (NBR) e Fluoro-Elastomeri (FKM) le consentono di soddisfare qualsiasi tipo di esigenza del cliente.

Come leader nella produzione di tenute nel settore Fluid Power e molti altri settori, Hallite Seals vanta una reputazione per la sua flessibilità di risposta verso i continui cambiamenti e richieste del mercato, anticipando in gran parte le future esigenze applicative.

In aggiunta all'ampia gamma di prodotti stampati offre soluzioni di tenuta personalizzate provenienti da un supporto ingegneristico, CAD/CAM software e una esperienza del team tecnico. Infatti, Hallite è in grado di produrre sistemi di tenuta a disegno del cliente o derivanti da specifici studi ingegneristici atti a soddisfare le esigenze del cliente per innumerevoli settori industriali ed applicativi come quello minerario, telescopico, macchine per costruzione, macchine agricole, etc.

Hallite è capace di produrre un infinito numero di profili usando un supporto software specifico per generare tenute personalizzate.

I sistemi di tenuta comprendono elevate soluzioni di sistema che possono essere prodotti da diametri di 0.250 pollici (6.35mm) fino a 52 pollici (1320mm) con un'ampia gamma di applicazioni specifiche specialmente basate su elastomeri e materiali plastici ad elevate performance.

Gli impianti Hallite sono localizzati in Australia, Cina, Germania, Italia, UK ed Stati Uniti. Tutte le location Hallite sono capaci di fornire tenute di qualità nel più breve tempo possibile.

Hallite combina attentamente le proprie scelte e gestione dello stock nei vari mercati locali, supportata anche dalla capacità di tornitura immediata. Tutte le location possono ora godere di centri di produzione CNC, denominati Hallite Service, i quali possono provvedere a supportare con prodotti a disegno situazioni di rottura improvvise.

Hallite realizza i propri prodotti attraverso più di 30 metodi di formatura e processi manifatturieri, i quali includono:

- Bonding
  - Rubber - metal
  - Rubber - plastic
  - Rubber - rubber

- Composite Fabrication
  - Paste
  - Ram
- Compression Molding
  - Rubber
  - PTFE
  - Advanced Thermoplastics
- Custom Compounding
  - CNC
- Custom Tooling and Machine Design
  - Manual
- Extrusion
  - Melt
- Injection Molding
- Isostatic Molding
- Machining
  - CNC
  - Manual
  - Screw

### 1.3.1 Hallite Italia S.r.l

La filiale di Guasticce(LI), location della mia attività di tirocinio, realizza elementi di tenuta utilizzando composti approvati secondo gli standard API, NACE, ISO, NORSOK. I materiali trattati sono esposti di seguito.

• <b>NBR</b>	• <b>CTFE</b>	• <b>PTFE (Teflon®)</b>
• <b>HBMR</b>	• <b>PEI (Ulteum®)</b>	• <b>M-PTFE</b>
• <b>XNBR</b>	• <b>PI (Vespel®)</b>	• <b>FVMQ (Fluorosilicone)</b>
• <b>PA (Nylon)</b>	• <b>PE, UHMW</b>	• <b>Filled PTFE</b>
• <b>FKM (Viton®, Fluorel®)</b>	• <b>POM (Acetal, Delrin®)</b>	• <b>PF (Phenolic)</b>
• <b>FFKM</b>	• <b>ETFE (Tefzel®)</b>	• <b>Fluoropolymers</b>
• <b>EPM, EPDM</b>	• <b>ECTFE (Halar®)</b>	• <b>Patented SinterMesh®</b>
• <b>FEPM (Aflas®)</b>	• <b>Polypropylene</b>	• <b>Engineered thermoplastics</b>
• <b>PFA</b>	• <b>PPS (Ryton®, Fortron®)</b>	• <b>Polyurethane</b>
• <b>PVDF (Kynar®)</b>	• <b>PEEK, PEK, PEKEKK, PEKK</b>	

Tabella 1: Materiali trattati da Hallite Italia

Ogni soluzione customizzata, realizzata per mezzo di questi materiali, è prodotta attraverso sofisticate macchina a controllo numerico (CNC), garantendo versatilità, flessibilità e controllo del processo. Un' ampia gamma di processi manifatturieri e metodi consente Hallite di produrre con alta qualità, efficienza e idonei intervalli di tolleranza.

All'interno dello stabilimento, perciò, oltre alle classiche attrezzature di una PMI di stampo meccanico, sono presenti diversi macchinari, tra i quali i più importanti sono essenzialmente 3 torni CNC, ognuno dei quali lavora su diametri diversi: in particolare, la *TCN 32* lavora entro i 32mm

mentre la *Mazak* consente di raggiungere diametri fino a circa 70cm (la macchina restante consente lavorazione di diametri intermedi tra le due menzionate). Un importante apparecchio è altresì costituito dal buratto, macchinario utilizzato fundamentalmente per il processo, come suggerisce il nome stesso, di burattatura, avente delle dimensioni tali da soddisfare le specifiche di qualsiasi tipologia di guarnizione (ove tal processo sia previsto nel flusso di produzione).

Sono presenti, inoltre, una pressa manuale e una puntatrice (in seguito vedremo il loro utilizzo). Relativamente agli strumenti di misura (che ho avuto modo tra l'altro di utilizzare in modo continuativo) troviamo innanzitutto calibri digitali centesimali di diversi range di misurazione, una importante macchina ottica, che consente di individuare e misurare le sezioni dei profili delle guarnizioni, ed altri strumenti più comuni come il densimetro, comparatore e durometro. Nei capitoli successivi si avrà modo di approfondire le caratteristiche, prestazioni, utilizzo e il valore che tali macchinari e attrezzature possiedono e apportano per il controllo dei processi.

Per quanto riguarda la modalità di risposta al cliente, Hallite Italia lavora su commessa e la tipologia di produzione avviene per lotti, viste le tipologie di macchinari menzionati precedentemente: si tratta più che altro di clienti storici oppure coi quali, comunque, esistono dei rapporti di collaborazione sin dalle fasi di progettazione tali da attuare un concurrent engineering (esattamente come per la mia esperienza, che verrà in seguito dettagliato). Per quanto riguarda, invece, il lato fornitori esistono alcuni partner “fidati” sia italiani sia interni (appartenenti al gruppo Hallite) relativamente a materie prime ritenute più critiche rispetto ad altre (ad esempio il particolare tipo di PTFE della tenuta oggetto del mio lavoro) mentre per altre materie prime, essenzialmente costituite da bilette di varie dimensioni in base al prodotto da realizzare, ormai Hallite attinge da un po' di tempo dalla Cina.

La distribuzione è effettuata grazie a contratti stabiliti con corrieri specializzati e altresì fidelizzati i quali, anche ormai del tutto in autonomia, procedono nelle operazioni di carico dei pallets da spedire.

## 2 Capitolo 2. The Optiseal System®<sup>2</sup>

---

### 2.1 Generalità

Si definisce *guarnizione* (o *tenuta*) un elemento che viene interposto tra due superfici per evitare che vi sia passaggio di fluido tra di esse.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Catalogo linea guida Hallite Italia S.r.l

<sup>3</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Guarnizione>

Le Optiseal® sono soluzioni di tenuta all'avanguardia utilizzate in un vastissimo ventaglio di applicazioni, specialmente in ambito automotive: questo grazie, soprattutto, all'ampio range di personalizzazioni cui questo tipo di tenuta può essere sottoposto in base al tipo di materiale, pressioni, temperature di esercizio come caratteristiche principali ed altre caratteristiche da queste derivate.

La configurazione base consiste in una forma ad U ricavata nella sezione, realizzata con materiali termoplastici inerti e selezionati specificatamente per la particolare applicazione: tale componente è detta *jacket*. La cavità che se ne ricava ha la funzione di consentire l'alloggiamento di una molla metallica, la quale conferisce maggior tenuta alle basse ed alte pressioni, assicurando quindi una efficacia di tenuta lungo tutto il range di pressione.

Di seguito viene riportata una tabella che indica i parametri di progettazione delle Optiseal®.

Seal Applications	Environmental	Service life
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluid power</li> <li>• Pneumatic</li> <li>• Energy or shock absorption</li> <li>• Media separation</li> <li>• Pressure containment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure</li> <li>• Temperature</li> <li>• Aggressive media</li> <li>• Wet or Dry environment</li> <li>• Continuous or cyclical loads</li> <li>• Dynamic or static stress</li> <li>• Fluid compatibility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wear resistance</li> <li>• Material properties</li> <li>• Resistance creep and cold flow</li> <li>• Compression set</li> <li>• Resistance to aging and embrittlement</li> <li>• Resilience</li> </ul>

Tabella 2: Parameters for Seal Design

## 2.2 Selezione dei materiali

Hallite utilizza materie plastiche e elastomeriche testate in base a vari standard nazionali (come ad esempio ASTM e ISO) per assicurare il soddisfacimento dei requisiti in termini di performance di pressione, termiche, d'estrusione, di ciclo di vita e operative.

Tipo di materiale

Test di performance

<b>Elastomeri &amp; termoplastici</b>	<p><b>Proprietà di compressione:</b> utilizzate in determinate capacità di resistenza a pressione per vari materiali. In aggiunta ad altri dati, tale test determina proprietà meccaniche globali.</p> <p><b>Durezza:</b> test di durezza sono necessari per il controllo di processo. La relazione tra durezza ed altre proprietà fisiche di base non è semplice e diretta.</p> <p><b>Resistenza al calore:</b> fornisce materiali con lunga resistenza ad esposizione a calor secco.</p> <p><b>Gravità specifica:</b> rapporto tra densità del materiale e quella dell'acqua. È utilizzata come verifica della consistenza del materiale.</p> <p><b>Proprietà carico-deformazione:</b> proprietà fisiche per resistenza a trazione, allungamento, modulo, taglio sono utilizzate per la selezione del materiale e controllo qualità-</p>
<b>Elastomeri</b>	<p><b>Adesione:</b> test di controllo qualità per l'adesione di materiali diversi.</p> <p><b>Set di compressione:</b> misurazione della deformazione permanente successiva ad un azione di compressione.</p> <p><b>Resistenza al taglio:</b> misurazione di determinazione della resistenza a rotture, propagazione e taglio.</p>
<b>termoplastici</b>	<p><b>Temperatura di flessione:</b> temperatura alla quale una provetta di plastica si flette con un determinato carico posto ad una certa distanza.</p>

Tabella 3: Material testing

## 2.3 Certificazioni disponibili

Ogni tipologia di polimero e composto ha il suo gruppo di applicazione di test, certificazioni disponibili e standard industriali. Quando si sviluppa una specifica di materiale, imprese di servizi e OEM possono sviluppare requisiti basati sui bisogni di specifiche applicazioni.

Per soddisfare tali richieste, Hallite adotta test standard per ogni materiale, come anche sviluppa test specifici in base alle applicazioni richieste. Di seguito sono riportati i test standard disponibili per vari tipi di materiali.

Dati e certificazioni	Composti elastomerici	Composti di PTFE	Composti termoplastici
<b>Tipici dati disponibili per certificato di conformità (COC)</b>	Durezza tipo A D2240	Durezza tipo D D2240	N.A. N.A.
<b>Dati standard tipicamente disponibili per certificazioni di proprietà fisiche (C11)</b>	Trazione D412	Trazione D1708/D638	Trazione D638
	Allungamento D412	Allungamento D1708/D638	Allungamento D638
	Modulo 100% D412	Gravità specifica D792	Modulo flessione D790
	Gravità specifica D792	Durezza tipo A D2240	Gravità specifica D792
	Durezza tipo A D2240		Durezza tipo D D2240
<b>Informazioni aggiuntive con carichi aggiuntivi e lead time</b>	Set di compressione D395B	Consultare ingegneria dei materiali Hallite	Durezza tipo D D2240
	Immersioni D471		Notched izod D256
<b>Note</b>	Altri test possono essere somministrati su lotti per un carico aggiuntivo. È richiesto lead time aggiuntivo	Tutti gli standard sono coperti dai seguenti standard ASTM: - Composti pieni D4745 - Resine non piene/vergini D4894/D4895	Altri test possono essere somministrati su lotti per un carico aggiuntivo. È richiesto lead time aggiuntivo

Tabella 4: Material Certifications

## 2.4 Materiali del jacket

L'ideale selezione del materiale e compatibilità si colloca tra i fattori che maggiormente



contribuiscono ad una buona tenuta. Nella progettazione di una tenuta, i materiali sono scelti in base ad attributi fisici, proprietà e caratteristiche coerenti alle performance richieste per l'applicazione.

Il contesto ambientale, vale a dire le condizioni di temperatura, pressione, dinamicità ma anche fattori come la compressione, geometria e selezione della componente energizzante sono essenziali per la selezione del materiale.

Materials	Benefici e caratteristiche
<b>PTFE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilità termica lungo un ampio range di temperatura</li> <li>• Basso coefficiente di attrito</li> <li>• Proprietà di autolubrificazione</li> <li>• Eccellenti capacità chimiche e anticorrosive</li> <li>• Stick-clip ridotto</li> <li>• Shelf life illimitata</li> <li>• Nessuna decompressione improvvisa</li> <li>• Nessun rigonfiamento causato da umidità</li> <li>• Sicuro in condizioni di vuoto</li> <li>• Eccellenti proprietà dielettriche</li> </ul>
<b>UHMW(PE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta durezza</li> <li>• Alta resistenza all'abrasione</li> <li>• Autolubrificazione</li> <li>• Basso coefficiente di attrito</li> <li>• Ampia resistenza ad agenti chimici</li> </ul>
<b>Elastomeri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande capacità di tenuta</li> <li>• Alta durezza</li> <li>• Alta flessibilità</li> <li>• Ampia selezione di tipi di polimeri con proprietà uniche</li> <li>• Disponibilità sia in termoplastici sia termoindurenti</li> </ul>
<b>PEEK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eccellenti capacità chimiche e anticorrosive</li> <li>• Ottima resistenza all'estrusione</li> <li>• Stabilità termica lungo un ampio range di temperatura</li> <li>• Disponibilità di gradi di lubrificazione</li> <li>• Ampio range di proprietà meccaniche</li> </ul>
<b>Acetal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali plastici general purpose</li> <li>• Resistenza a fatica o flessione molto alte</li> <li>• Basso assorbimento d'umidità</li> <li>• Stabile dimensionalmente</li> </ul>

Tabella 5: Common material jacket

### 2.4.1 Fillers

Per migliorare le capacità di performance, può esser aggiunto un ampio range di fillers e additivi ai materiali principali. Tra gli additivi disponibili ci sono fibre rinforzate, fillers conduttori e coloranti.

Fillers comuni	Benefici e caratteristiche
----------------	----------------------------

<b>Fibre di vetro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filler più comune</li> <li>• Effetto minore sulle proprietà elettriche</li> <li>• Abrasione incrementata nella zona d'interfaccia con la superficie di metallo</li> </ul>
<b>Carbonio/fibre di carbonio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassa abrasione e usura</li> <li>• Buona resistenza alla deformazione e all'estrusione</li> </ul>
<b>Grafite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non abrasivo</li> <li>• Basso attrito</li> <li>• Effetti minori sulle proprietà di deformazione</li> </ul>
<b>MoS<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usura di break in e attrito statico più bassi</li> </ul>
<b>Bronzo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistenza all'usura e capacità di supporto carichi</li> <li>• Scarsa resistenza ad agenti chimici</li> </ul>
<b>Acciaio inossidabile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistenza all'usura e capacità di supporto carichi</li> <li>• Maggior resistenza ad agenti chimici rispetto al bronzo</li> </ul>
<b>PPS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassa abrasione e usura</li> <li>• Eccellente resistenza alla deformazione e all'estrusione</li> <li>• Alta riduzione dei valori di trazione ed allungamento</li> </ul>
<b>CaF<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrofluoric acid service</li> </ul>
<b>Minerali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proprietà simili al vetro ma meno abrasive</li> </ul>

Tabella 6: Common fillers

A differenza dei materiali compositi che mantengono le proprie caratteristiche, il PTFE beneficia di migliori caratteristiche meccaniche, stabilità e resistenza all'usura attraverso gli additivi. Di seguito vengono quantificati i benefici dovuti agli additivi sopra elencati.

Filler	Resistenza all'usura	Attrito	Creep resistance	Conduktività termica	Usura nell'accoppiamento con metalli	Resistenza elettrica
<b>Fibre di vetro</b>	▲▲▲	▲▲	▲▲	▲	▲▲▲	▲
<b>Carbonio</b>	▲▲▲	▲	▲▲▲	▲▲	▲	▼
<b>Grafite</b>	▲▲	◆	▲▲	▲▲	◆	▼▼
<b>MoS<sub>2</sub></b>	▲	◆	◆	▲	◆	▼
<b>Bronzo</b>	▲▲▲	▲▲	▲▲	▲▲▲	▲	▼▼

<b>Fibre di carbonio</b>	▲▲▲		▲▲	▲▲	▲	▼
<b>Minerali</b>	▲▲▲	▲▲	▲▲	▲▲	▲▲	◆
<b>Acciaio inox</b>	▲▲▲	▲▲	▲▲	▲▲▲	▲▲	▼▼
<b>Polimeri high-temperature</b>	▲▲▲	▲	▲▲▲	◆	◆	◆

Tabella 7: Fillers e relativo effetto su PTFE

▲	Aumento debole	▼	Decremento debole	◆	Nessun effetto
▲▲	Aumento moderato	▼▼	Decremento moderato		
▲▲▲	Aumento significativo	▼▼▼	Decremento significativo		

Legenda tabella 7

Di seguito vengono incrociati particolari composti di PTFE con le diverse caratteristiche per quantificare, sempre a livello qualitativo come appena attuato, i miglioramenti apportati dai vari fillers.

Polimero	Filler	Colore	Resistenza	Usura	Capacità di interfaccia	Capacità di tenuta relativa	Resistenza all'abrasione	Composti	Idrocarburi	Solventi	Vapori	Acidi	Basi	Temperature operative [°C]
<b>PTFE</b>	nessuna	Bianco	P	L	E	P	Yes	E	E	E	S	S	-184 a 204	
<b>PTFE</b>	25% vetro	Bianco	E	H	G	E	Yes	E	E	E	S	S	-73 a 288	
<b>PTFE</b>	15% vetro, 5% MoS <sub>2</sub>	Grigio	E	H	G	G		E	E	E	S	S	-73 a 260	

<b>PTFE</b>	25%carbonio, grafite	Nero	G	M	G	E	Yes	E	E	E	S	S	-73 a 288
<b>PTFE</b>	10%ekonol®	Panna	E	L	G	G		E	E	E	S	S	-73 a 260
<b>PTFE</b>	15%fibra di carbonio	Nero	G	M	G	G		E	E	E	S	S	-73 a 260
<b>MPTFE</b>	Premium virgin	Bianco	P	L	E	G	Yes	E	E	E	S	S	-184 a 232

Tabella 8: Common PTFE jacket materials

Polimero	Filler	Colore	Resistenza all'abrasione	Usura interfaccia	Capacità di tamponamento	Resistenza all'abrasione Composti	NODOL	Idrocarburanti	Solventi alcolici	Vapori	Acidi	Basi	Temperature operativa [°C]
<b>PTFE</b>	PPS, carbonio, MoS <sub>2</sub>	Nero	E	M	G	E		E	E	E	S	S	-73a 288
<b>PTFE</b>	5% MoS <sub>2</sub>	Grigio	A	L	E	A		E	E	E	S	S	-129 a232
<b>PTFE</b>	15%grafite	Nero	A	M	E	G	Yes	E	E	E	S	S	-73 a260
<b>PTFE</b>	2%carbonio	Nero	A	L	E	A		E	E	E	S	S	- 129a 260
<b>PTFE</b>	15%minerali	Bianco	G	M	G	G		E	E	E	W	S	-73 a260
<b>PTFE</b>	15%carbon grafite	Nero	G	M	G	G		E	E	E	S	S	-73 a260
<b>PTFE</b>	10%carbon grafite	Nero	G	M	G	G		E	E	E	S	S	-73 a260
<b>PTFE</b>	40%bronzo	Bronzo	E	M	A	G		E	E	E	N R	W	-73a 288
<b>PTFE</b>	25%ekonol®	Panna	E	M	G	E		E	E	E	S	S	-73 a260

<b>PTFE</b>	PPSO <sub>2</sub>	Panna	P	L	G	G		E	E	E	S	S	-73 a260
<b>PTFE</b>	nessuno	Turche se	A	L	E	A		E	E	E	S	S	-184 a 232
<b>ACETAL</b>	nessuno	Nero	A	M	A	G		E	E	E	W	W	-56 a149
<b>PEEK</b>	nessuno	Beige	A	M	G	G	Yes	E	E	E	S	S	-56 a260
<b>UHMWPE</b>	nessuno	trasluci do	E	L	E	G		E	E	E	S	S	-184 a232
<b>Legenda: E=excellent; G=good; H=high; A=average; M=medium; L=low; P=poor; NR=not recommended; W= resistant to weak acid/base; S=resistant to strong acid/base</b>													

Tabella 9: Speciality jacket materials

## 2.5 Tipi di molla

L'aggiunta di una molla metallica o elastomerica rende la tenuta del jacket maggiormente energizzante. Non appena la molla viene installata, la molla energizzata risponde con una forza verso diretta verso l'esterno premendo contro le pareti del jacket aumentando così la pressione di tenuta. I fattori primari in cui la molla incide sono il carico applicabile, range di flessione, resistenza alla corrosione.

### V-Spring



Figura 1: V-Spring

La più versatile di tutte le tipologie di molla, la V-Spring è progettata per un ampio range di applicazioni e servizi, da applicazioni di tenuta statica a quelle con rotazione o moto reciproco. I

materiali utilizzati per una molla avente tale sezione aumentano le performance senza degradare le proprietà stesse del materiale. Inoltre, la V-Spring presenta un ampio range di flessione, può essere progettata per medi o alti carichi ed è un'ottima scelta in casi in cui esistano ampi intervalli di tolleranza.

### Flat Band Helical



Figura 2: Flat Band Helical

Utilizzata per applicazioni con meno grado di dinamicità, la flat band helical è ideale in situazioni in cui occorre bassa flessione, in grado di sopportare alti carichi e quindi adatta maggiormente in condizioni di staticità dove l'usura e l'attrito non rappresentino un problema. Inoltre, è preferibilmente progettata per trattamenti criogenici.

### Canted Coil



Figura 3: Canted Coil

Tale molla offre il supporto di carico leggero e costante oltre che un ampio range di flessione, riducendo la resistenza di frizione e l'usura della tenuta. Tipicamente, le applicazioni includono misurazioni e strumentature, pressioni basse/alte velocità e applicazione single-seal.

## **2.5.1 Materiali della molla**

Materiale	Descrizione applicazione	Idrocarburi	Solventi ossigenati	Vapori	Acidi	Basi	Temperature operative [°C]	Tipo di molla
301 stainless steel	General service hydraulics	E	E	E	W	S	-184 a 204	V/helical
Elgiloy Alloy	Harsh service NACE MR-01-75	E	E	E	S	S	-184 a 427	V/helical
Inconel X750	Harsh service NACE MR-01-75	E	E	E	S	S	-184 a 427	Helical
301 SS/filicon filled	Food and pharmaceuticals	P	E	E	W	W	-184 a 204	V
Hastalloy		E	E	E	S	S	-184 a 427	Helical

**Legenda: E=excellent; P=poor; NR=not recommended; W= resistant to weak acid/base; S=resistant to strong acid/base**

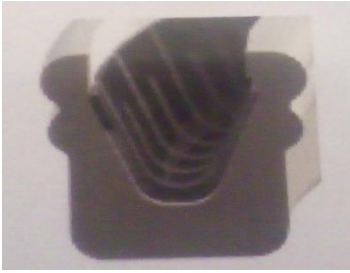
## 2.6 Configurazione guarnizione

In questa sezione vengono esposti tutti i tipi di profili che, combinando le varie tipologie di jacket con quelle della molla da installare nella cavità, possono essere realizzate. Di seguito si presentano sia i profili standard che quelli speciali.

### 2.6.1 Profili labbro

Le caratteristiche della guarnizione come capacità di tenuta, usura, attrito sono profondamente influenzate dalla costruzione del profilo del labbro e dalla geometria dell'intera guarnizione stessa. Di seguito vengono esposti i principali profili di una optiseal®.

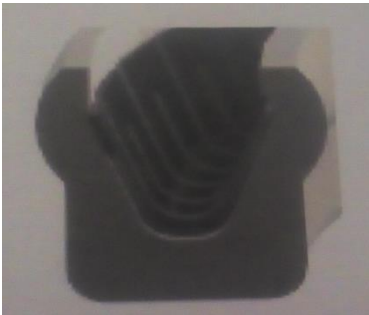
#### S-Lip double radius lip



**Figura 4: S\_Lip double radius lip**

S-lip è un profilo standard, offre una superficie di tenuta ridondante con una superficie di contatto adatta per carichi medi. Tale design include la miglior combinazione di usura e tenuta, rendendo tale profilo adatto ad un' ampia gamma di applicazioni.

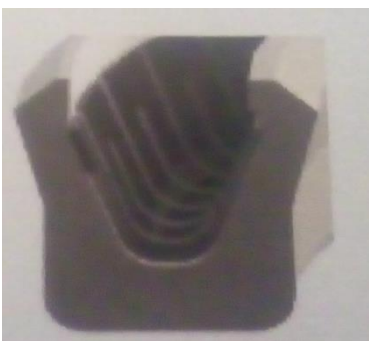
#### **A-lip single radius lip**



**Figura 5: A-lip single radius lip**

A-lip impiega un'area raggiata, quindi il carico da sopportare è distribuito su una superficie maggiore implicando così un basso attrito e usura. Tale applicazione è consigliata per superfici ad alte velocità o che richiedono basso attrito. Il profilo facilita l'installazione nell'alloggiamento senza che siano necessari smussi appositi.

#### **B-lip bevel lip**



**Figura 6: B-lip bevel lip**

Il B-lip produce la più alta unità di carico di tutti i profili Hallite, per questo è consigliata per applicazioni statiche e per diametri inferiori a 4,7mm.



### D-lip Scraper lip

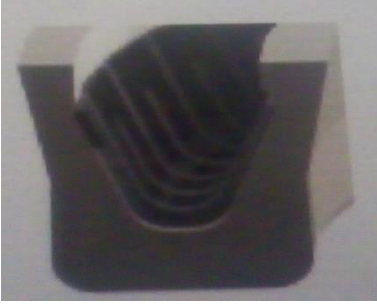


Figura 7: D-lip Scraper lip

Il D-lip presenta una bassa unità di carico, conferendo d'altra parte caratteristiche di bassa usura e con una tenuta effettiva alquanto bassa rispetto alle guarnizioni con unità di carico più alte. Tale design è adatto per applicazioni ove ci sia moto reciproco.

### F-lip dual scraper lip



Figura 8: F-lip dual scraper lip

F-lip presenta un profilo adatta per sistemi contaminati da abrasivi. L'unità di carico bassa conferisce una vita estesa in applicazioni di rotazione.

### J-lip scraper radius lip

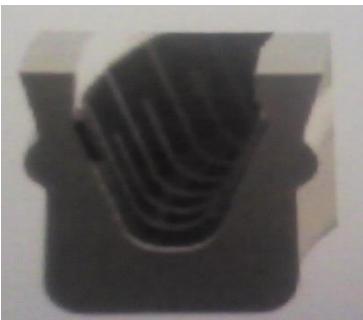

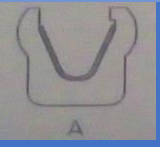

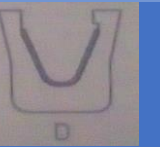
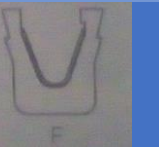



Figura 9: J-lip scraper radius lip

Anche J-lip presenta una superficie di tenuta ridondante con la parte “tagliente” a protezione di quella raggiata dagli agenti abrasivi. Oltre a d'esser utilizzata per applicazioni raschiate, è usata anche per *step-cut glands* ed è da preferire anche in ambienti ad alta viscosità.

Profile & code						
Sealability	M	L	H	M	M	M
Wear	M	L	H	L	M	M
Friction	M	L	H	M	L	M
Reciprocating	P	P	P	P	P	P
Rotating	P	P	N	N	P	P
Static	P	N	P	N	N	N
Oscillating	P	P	N	N	P	P
High sealability	P	N	P	N	N	N
Exclusion	N	N	N	P	P	P
Low friction	N	P	N	P	N	N
Step gland	DU	N	N	P	P	P
<4,7mm ID	DU	DU	P	P	DU	DU

Legenda: M=medium; L=low; H=high; P=preferred; N=neutral; DU=do not use

Tabella 10: Lip profile parameters

## 2.6.2 Tipologie speciali di configurazione

Per migliorare ulteriormente le prestazioni offerte dalle Optiseal® esistono altre tre tipologie speciali di seguito riportate.

### Optiface Seal

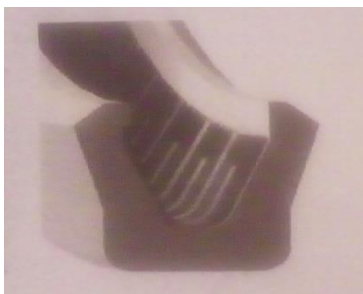


Figura 10: Optiface Seal

Le guarnizioni OptiFace sono utilizzate per applicazioni di tenuta statica e presentano un design assiale schiacciato per la pressione interna o esterna. La compressione verso la tenuta è aumentata, i

labbrini del jacket sono pressati contro la superficie d'alloggiamento guarnizione fornendo così resistenza e capacità di tenuta assicurando al contempo stabilità all'interno della cavità. Come visto in precedenza, il B-lip utilizzato in questa guarnizione è adatto a sopportare alti carichi.

### Flanged Optiseal® Component

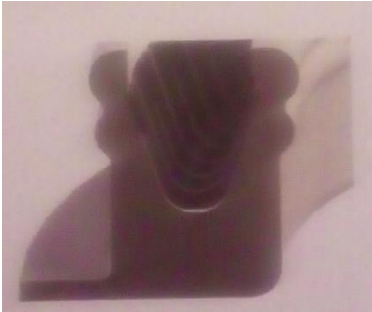


Figura 11: Flanged optiseal Component

La migliore soluzione per applicazioni di rotazione, questa guarnizione è progettata per prevenire movimenti sulla superficie interna statica. La flangia evita perdite potenziali e previene movimenti della guarnizione. In applicazioni criogeniche, la flangia riduce inoltre le contrazioni termiche.

### Opti-Oil® Seal



Figura 12: Opti-Oil Seal

Si tratta di una soluzione ideale per basse pressioni e dinamicità. Il diametro esterno di questa configurazione è saldamente serrato con un O-ring, riducendo lo scivolamento sulla superficie statica nelle soluzioni di rotazione. La superficie di contatto col diametro interno presenta basso attrito, jacket caricato a molla, conferendo adeguata tenuta lungo tutta la superficie della sezione.

## **2.7 Configurazione alloggiamento guarnizione**

Adesso vengono riportate le varie tipologie di configurazione della configurazione in relazione al tipo di alloggiamento in cui essa deve essere inserita, considerando la direzione della pressione in base all'applicazione.

### One-piece Gland

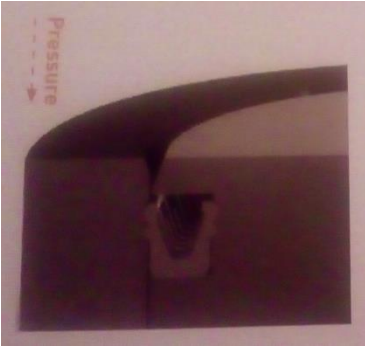


Figura 13: One-piece Gland

One-piece gland è utilizzato soltanto per sistemi Optiseal® con grandi diametri e sezione piccola per prevenire danni a causa di stiramenti o cedimenti durante l'installazione.

### Step-cut Gland



Figura 14: Step-cut Gland

Rispetto al One-piece gland, questa configurazione minimizza sia la deformazione del jacket della Optiseal® durante l'installazione sia la necessità di una zona di separazione.

### Two-piece Gland



Figura 15: two-piece Gland

Two-piece gland elimina le deformazioni durante l'installazione perciò è richiesta per piccoli diametri e grosse sezioni. Per reciprocating application, l'alloggiamento dev'esser accuratamente progettato per prevenire che i labbri di tenuta subiscano una deviazione dall'installazione dello smusso.

## Face Seal Gland



Figura 16: Face Seal Gland

Tale configurazione è diversa rispetto alle tenute radiali. In tali casi occorre la valutazione dell'applicazione specifica con Hallite stessa.

## 2.8 OptiGland

Diametri maggiori della zona d'alloggiamento della Optiseal® richiedono tolleranze più grandi da realizzare a costi ragionevoli. I componenti della Optiseal® sono meticolosamente progettati in relazione al tipo di sezione, ma sono poi le tolleranze a determinare la minima e massima grandezza. Se lo schiacciamento della sezione è troppo piccolo, la tenuta può tollerare poca usura prima di non esser più conforme; se, invece, il massimo schiacciamento ha un valore troppo elevato, i valori di attrito e usura risultano non conformi.

Il sistema OptiGland per la progettazione di un idonea *zona di alloggiamento della guarnizione (gland)* è incentrato sul suo diametro attivo, vale a dire quello del pistone (in caso di tenute lato pistone) o dello stelo (in caso di tenute lato stelo), considerando le capacità di realizzazione, usura, attriti, extrusion gaps e i costi di produzione. Tale sistema, quindi, fornisce la sezione ottima della Optiseal® per un dato diametro attivo e viceversa, tenendo in considerazione le tolleranze da raggiungere.

Di seguito viene esposta la procedura per la determinazione del dimensionamento ottimale del *gland* sia per tenute lato pistone sia lato stelo.

## 2.8.1 Piston Seals

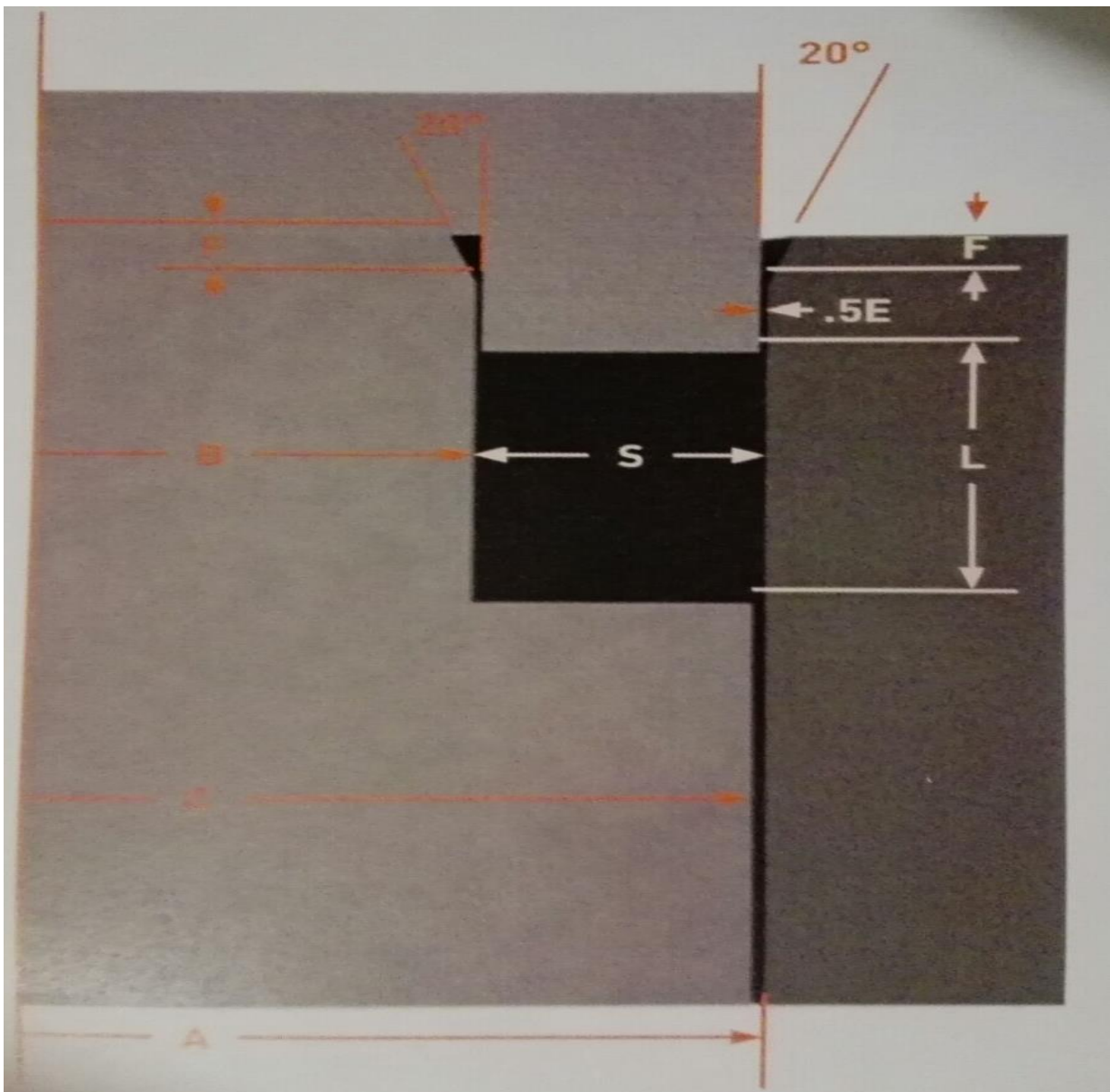


Figura 17: Piston Seal Parameters

### 8-Step Process

- 1) Determinare il diametro attivo  $A$  del *gland*: nei pistoni, esso equivale al diametro interno (*bore diameter*);
- 2) Determinare la minima sezione trasversale del *gland*, ricavabile da  $A$  e riscontrabile dalla tabella 8 e 9;
- 3) Determinare il diametro non attivo  $B$  del *gland*: nei pistoni, esso equivale ad  $A-2S$ ;
- 4) Determinare le tolleranze, considerando tabella 8 e 9, dipendenti solo dalla sezione con l'obiettivo di verificare lo schiacciamento della guarnizione;
- 5) Determinare la lunghezza minima assiale del *gland*: per pressioni  $< 690$  usare valore  $L1$ , per

valori maggiori consultare Hallite;

- 6) Determinare la lunghezza minima di installazione dello smusso: anche questo valore si ricava dalle tabelle 8 e 9 in accordo alla sezione;
- 7) Determinare il minimo e massimo spazio vuoto sul diametro: ciò serve a calcolare  $C$  (*gland clearance diameter*);
- 8) Determinare  $C$  e la tolleranza:  $C=A-E_{\text{minimo}}$  e corrisponde al max *clearance diameter*.

## 2.8.2 Rod Seals

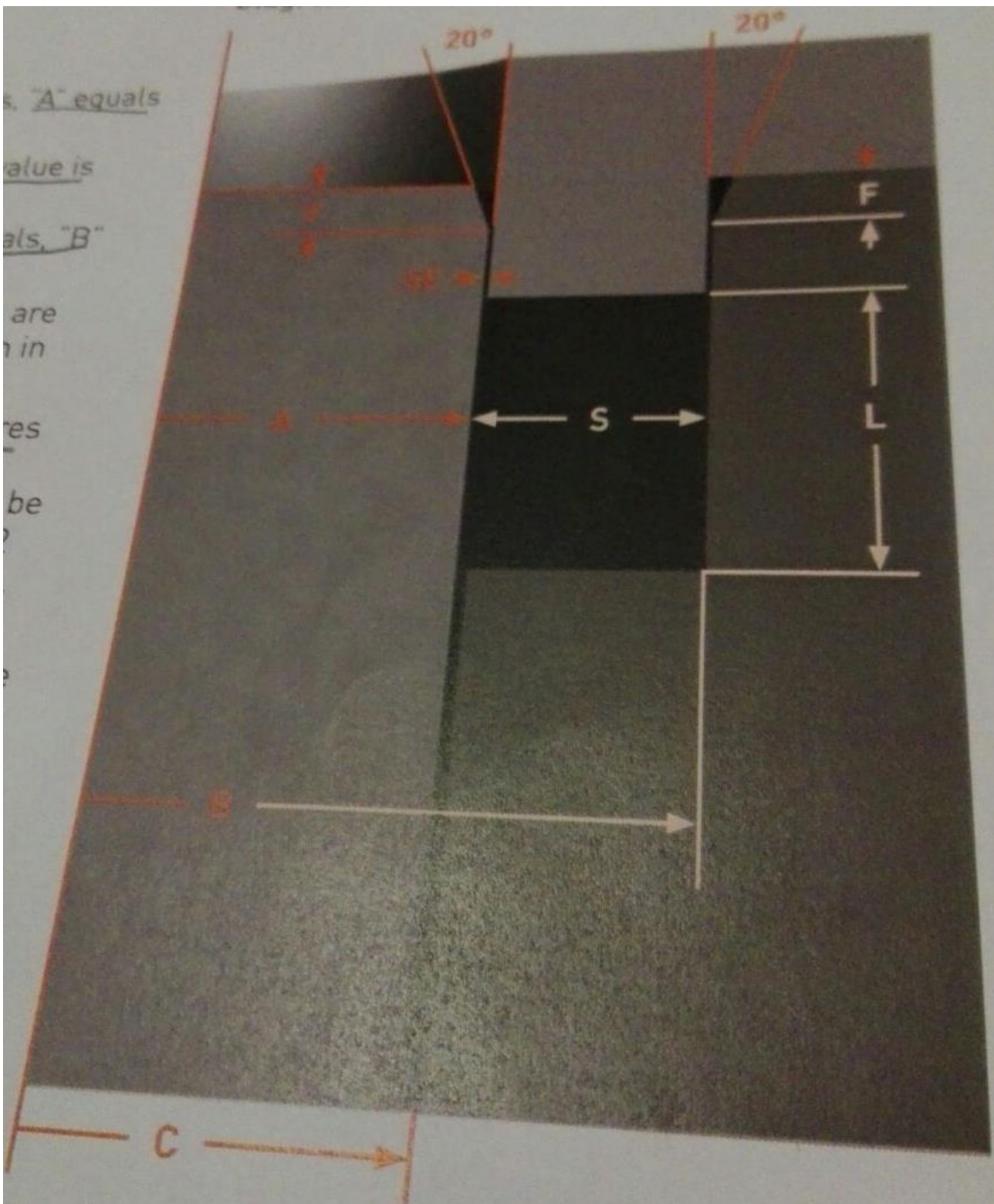


Figura 18: Rod Seal Parameters

### 8-Step Process

- 1) Determinare il diametro attivo A del *gland*. : per le tenute stelo, esso equivale al diametro dello stelo;



- 2) Determinare la minima sezione trasversale del *gland*, ricavabile da A e riscontrabile dalla tabella 8 e 9;
- 3) Determinare il diametro non attivo B del *gland*: negli steli, esso equivale ad  $A+2S$ ;
- 4) Determinare le tolleranze per il diametro del *gland*, considerando tabella 8 e 9, dipendente solo dalla sezione con l'obiettivo di verificare lo schiacciamento della guarnizione;
- 5) Determinare la lunghezza minima assiale del *gland*: per pressioni < 690 usare valore L1, per valori maggiori consultare Hallite;
- 6) Determinare la lunghezza minima di installazione dello smusso: anche questo valore si ricava dalle tabelle 8 e 9 in accordo alla sezione;
- 7) Determinare il minimo e massimo spazio vuoto sul diametro: ciò serve a calcolare C (*gland clearance diameter*);
- 8) Determinare C e la tolleranza:  $C=A+E_{\text{minimo}}$  e corrisponde al minimo *clearence diameter*.

## 2.9 Opstiseal® Installation

Viene di seguito riportata la procedura, a titolo informativo e di esempio, di montaggio di una configurazione One-piece sia per tenute lato stelo sia lato pistone.

### One-Piece Piston Groove



Figura 19: One-Piece Pisto Groove

- Posizionare il cono d'installazione sul pistone;
- Posizionare la guarnizione sul cono in modo tale che la cavità della molla si affacci verso il pistone;
- Spingere la guarnizione oltre il cono e all'interno della cavità del pistone utilizzando l'expander d'installazione.

Se la forma della guarnizione non ritorna quella originale dopo il posizionamento all'interno della cavità, utilizzare l'inserto di riposizionamento per ridare la forma originale alla guarnizione. Cono, expander e inserto di riposizionamento sono forniti da Hallite stessa, che provvede inoltre a fornire ulteriori strumenti ove necessario e richiesto dal cliente.

### One-Piece Rod Groove



Figura 20: One-Piece Rod Groove

In questo tipo di gland non dovrebbe esser usato per diametri dello stelo inferiori a 38mm: nel caso in figura occorre un Two piece gland o step-cut gland .

- Iniziare l'installazione schiacciando la guarnizione in una forma ellittica facendola adattare al *gland*;
- Spingere approssimativamente 1/3 della guarnizione dentro la cavità utilizzando le dita o uno strumento arrotondato, facendo attenzione a non arrecar danni;
- Utilizzare un pusher (tipo quello di destra in figura) dello stesso diametro dello stelo per completare l'alloggiamento della guarnizione.

## 3 Capitolo 3. Special Rod Optiseal®

---

Dopo aver esposto e descritto brevemente le caratteristiche generali dell'Optiseal® System, andando a illustrare i vari aspetti a livello di componenti, materiali, configurazioni e design, in tale capitolo il focus si concentra sulla particolare guarnizione che, come evidenziato al cap. 1.2, è stata oggetto della mia attività di tirocinio: la Special Rod Optiseal®.



Figura 21: Special Rod Optiseal

In figura sopra è rappresentato il prodotto finito reale Special Rod Optiseal®, dove si può notare la presenza dei due componenti, jacket e molla, all'interno della sua cavità.

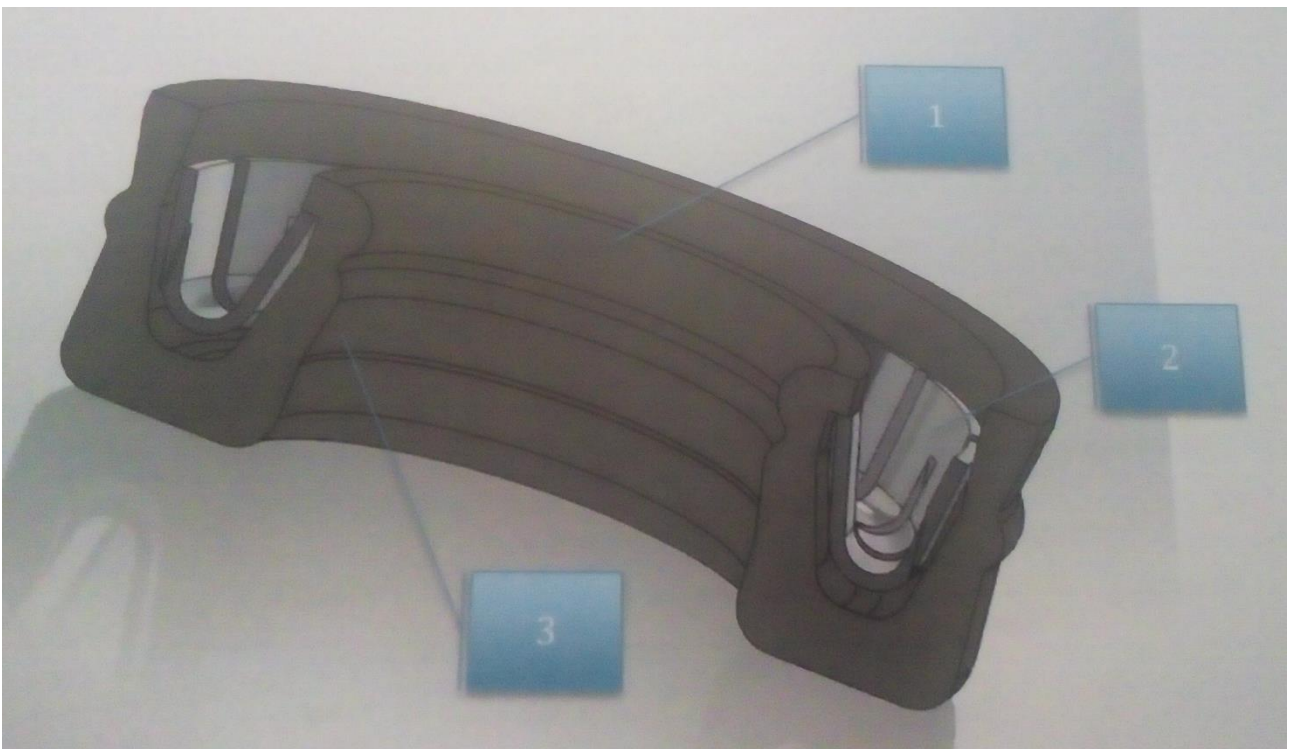


Figura 22: Sezione Special Rod Optiseal® - disegno di controllo ID-001653-11-00

In tale figura è, invece, in miglior modo visibile la particolare sezione che la guarnizione presenta:

- 1) **Jacket:** realizzato in PTFE (Politetrafluoroetilene) Modificato con caratteristiche migliorate di tenuta ed elasticità rispetto al PTFE vergine. Profilo labbro di tenuta esterno tipo J con altezza leggermente maggiorata rispetto all'esterno per migliorare la stabilità all'interno

della cava. Labbro interno tipo S ad effetto ridondante per massimizzare la tenuta senza incidere significativamente sull'attrito.

- 2) **Molla:** singola tipo a V in acciaio AISI 301
- 3) **Labbro interno S “Speciale”:** il profilo del labbro è stato modificato con l'aggiunta di un ampio smusso sul lato opposto alla pressione per agevolare il montaggio dello stelo.

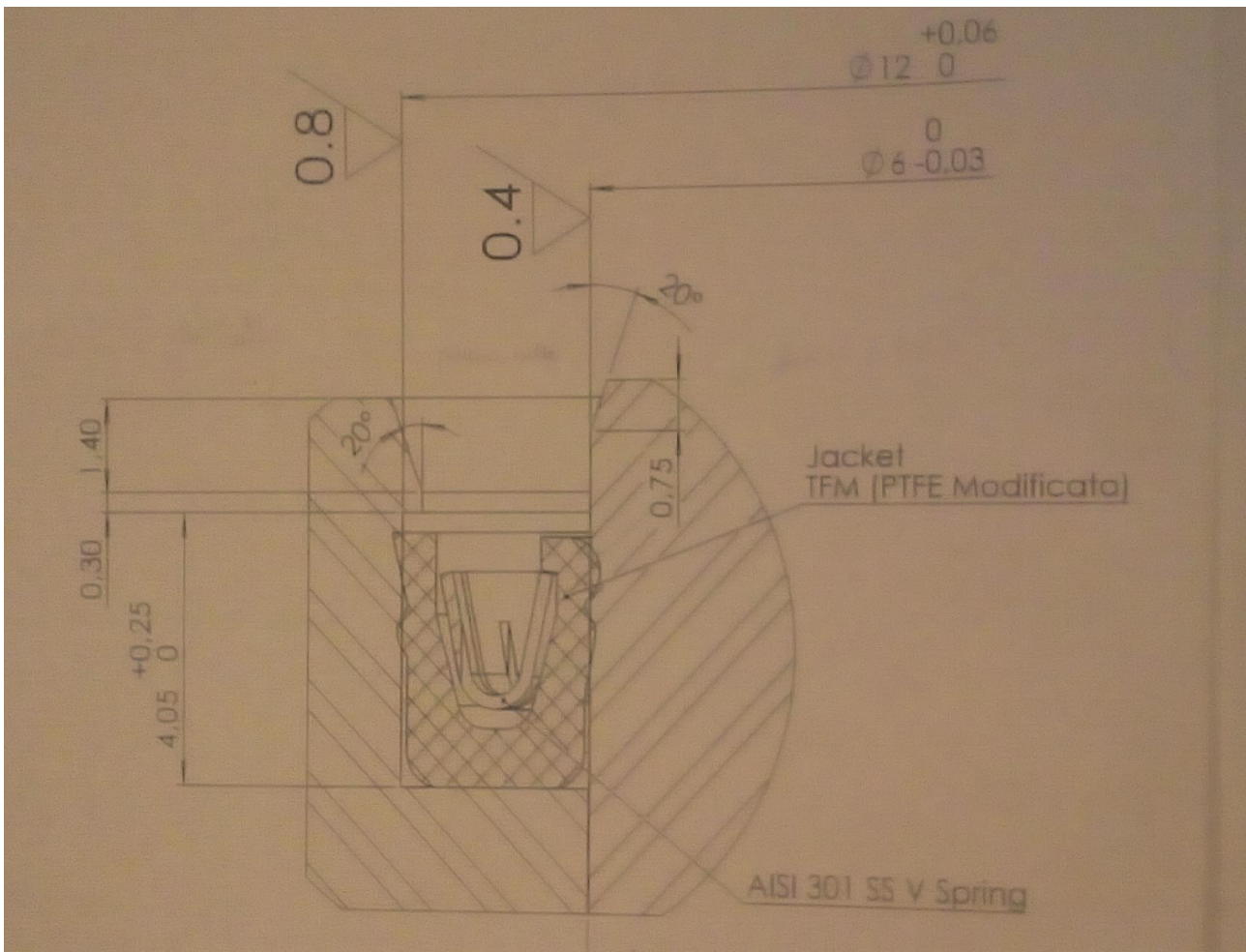


Figura 23: IS-001653

Di sopra è rappresentato il disegno IS (secondo la codifica aziendale) della guarnizione alloggiata presso lo stelo, quindi un disegno di complessivo riportante le quote relative all'accoppiamento tenuta-stelo e la sede d'alloggiamento relativa.

### 3.1 Caratteristiche del Jacket

#### 3.1.1 Materiale Special Rod Optiseal®

Come appena accennato nella breve descrizione precedente, il jacket della guarnizione è composto da un particolare tipo di PTFE caricato: il PTFE G500 TFM® 1600.

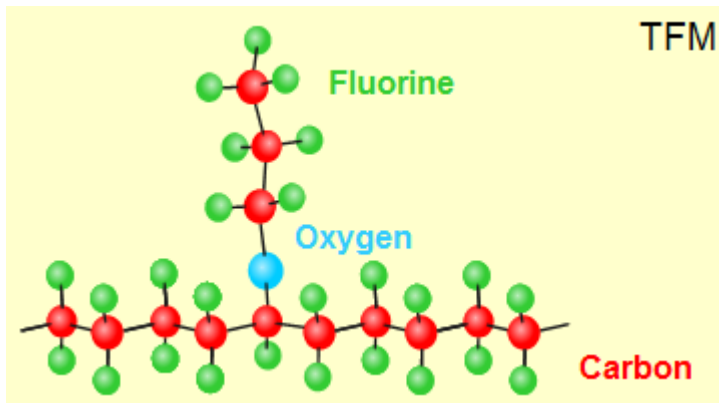


Figura 24: PTFE TFM. TFM = tetrafluorometile

Appartenente al gruppo dei perfluorati il PTFE TFM ha caratteristiche intermedie tra il PTFE vergine ed il PFA: ha, infatti, un peso molecolare circa 1/5 del vergine mentre il PFA 1/100 ed, inoltre, non deve subire alcun processo di stampaggio ad iniezione come invece accade per il PFA.

### Proprietà PTFE TFM

- Resistente a temperature tra  $-200^{\circ}$  e  $+250^{\circ}\text{C}$  in condizioni di utilizzo continuo;
- Completamente resistente ad agenti chimici e può quindi esser universalmente applicato in tal senso;
- Il rateo in base al quale gas penetra in PTFE TFM è decisamente più basso rispetto al PTFE vergine ed un po' più alto di quello del PFA;
- Rispetto al PTFE, esso ha caratteristiche superficiali decisamente migliorate;
- Presentando caratteristiche termoplastiche, può esser saldato attraverso processo speciali;
- Presenta caratteristiche migliori a livello di cold-flow, pore content and stretch-void index.

Tale materiale viene approvvigionato dalla società Guarniflon S.p.A. sotto forma di barre a sezione tonda ottenute per estrusione della lunghezza di 1 o 2 metri. Di seguito vengono riportate le caratteristiche tecniche del materiale ottenute al certificato di collaudo del fornitore.

Caratteristiche	Valori Attesi	Valori effettivi	u.m.	Metodo
<b>Peso Specifico</b>	2,14-2,19	2,148	$\text{Gr}/\text{cm}^3$	ASTM D792
<b>Durezza Shore D</b>	$\geq 50$	52	/	ASTM D2240
<b>Resistenza a trazione</b>	$\geq 24$	24,47	$\text{N}/\text{mm}^2$	ISO 12086 ISO527
<b>Allungamento a rottura</b>	$\geq 300$	322,5	%	ISO 12086 ISO527

### 3.1.2 Sezione Special Rod Optiseal®

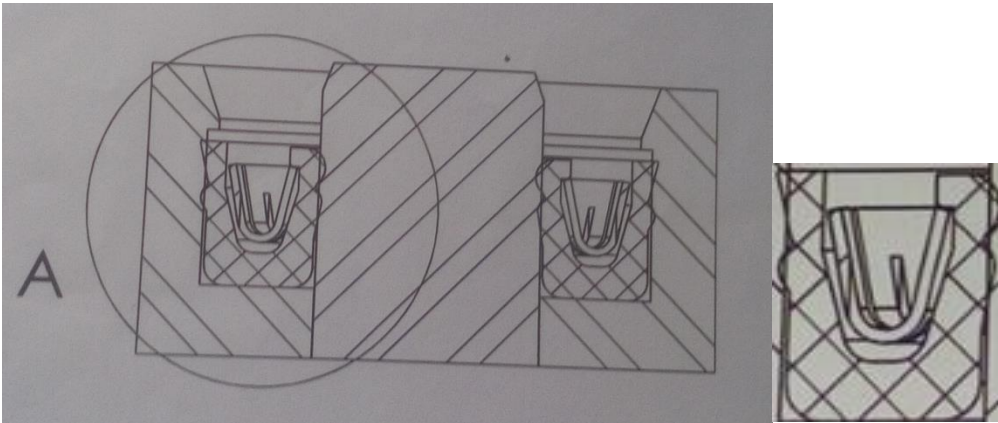


Figura 25: IS-001653

Di sopra viene evidenziata la configurazione della guarnizione e a destra un ingrandimento della sezione. Si possono così ben notare i profili dei labbri di tenuta e l'alloggiamento della molla all'interno della cava, conseguendo i benefici menzionati precedentemente.

## 3.2 Molla

La molla a V è realizzata in acciaio INOX austenitico AISI 301 approvvigionata da fornitori, anch'essi ormai fidelizzati, essendo partner della filiale di Houston del gruppo Hallite. Di seguito viene riportata la scheda tecnica del materiale.

<b>Norme di riferimento</b>	<b>AISI 301 - W. 1.4310 X 10 CrNi 18-8 – EN 10088 – UNI EN 10151-2006</b>														
<b>Composizione chimica indicativa</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>Si</th> <th>Cr</th> <th>Ni</th> <th>P</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.15</td> <td>2.00</td> <td>1.00</td> <td>16.0-18.0</td> <td>6.0-8.0</td> <td>0.045</td> <td>0.03</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dal pronto resistenza: N/mm<sup>2</sup> 1280/1430 A richiesta resistenze: N/mm<sup>2</sup> 1500/1700 – 1700/1900</p>	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	0.045	0.03
C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S									
0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	0.045	0.03									
<b>Caratteristiche meccaniche</b>															
<b>Impieghi prevalenti</b>	Molle e componenti elastici per applicazioni per elettrodomestici, settore auto e costruzioni														
<b>Trattamento termico di distensione</b>	350° per 1h														

Tabella 12: scheda tecnica materiale molla

Di sotto viene raffigurata la molla (grazie ai campioni forniti dal fornitore) nella condizione antecedente all'attività di formatura in configurazione a V (attuata dal fornitore).

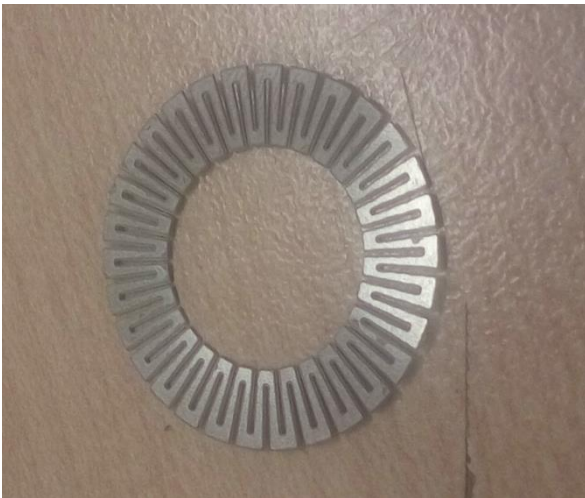


Figura 26: Molla pre-formatura

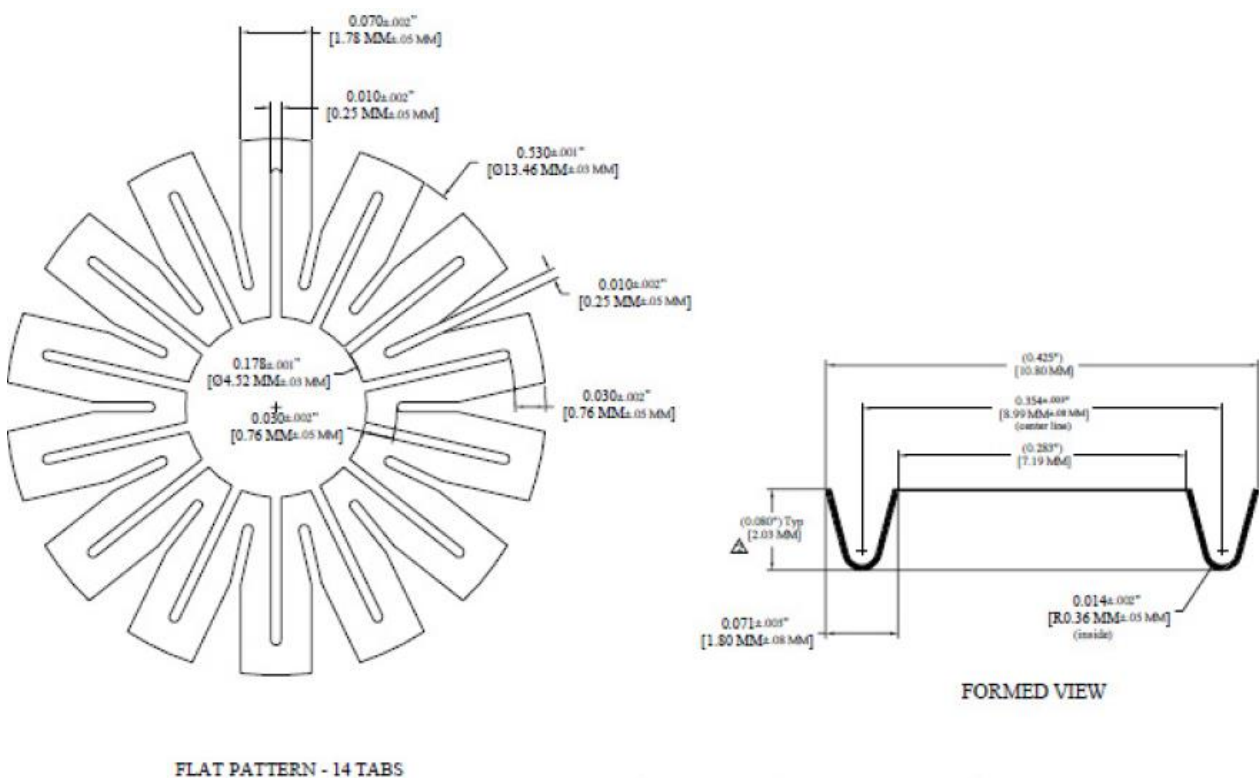


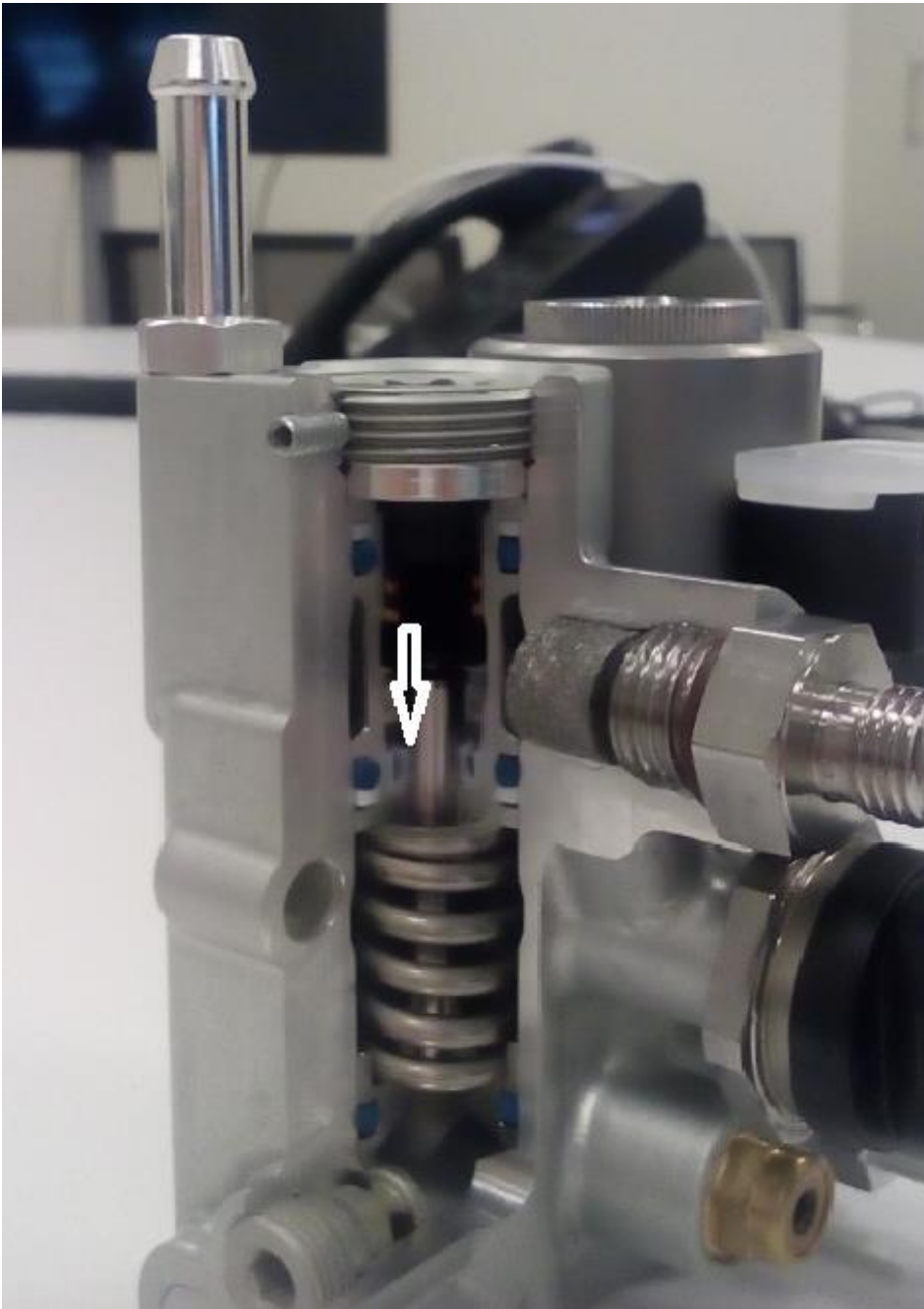
Figura 27: IM-001653 etched spring

### 3.3 Configurazione presso il prodotto cliente

Come già accennato nei paragrafi precedenti, la guarnizione dev'esser alloggiata presso lo stelo presente all'interno del riduttore di pressione per impianti a gas di motori Volkswagen. Di seguito viene, primariamente, messo in risalto tutto il sistema d'interesse. La freccia indica la posizione

della guarnizione.

La guarnizione ha l'importante scopo di impedire la perdita di liquido che si forma dalla compressione - attuata dal pistone visibile in figura - (a circa 260 bar) del gas in entrata proveniente dal serbatoio, che inviando l'alimentazione al motore potrebbe fuoriuscire costituendo fonte di pericolo.



**Figura 28: Riduttore di pressione**

Per consentire l'alloggiamento della guarnizione il cliente utilizza gli strumenti raffigurati di sotto.





Figura 29: Tools del cliente

A sinistra si possono notare i tools che il cliente, dopo averli installati al posto dei punzoni di una pressa manuale, utilizza per installare la guarnizione all'interno della bussola rappresentata a destra. La procedura eseguita è la seguente:

- Posizionare il tool nero sulla parte mobile superiore della pressa
- Posizionare il tool dorato sulla parte fissa inferiore della pressa
- Inserire la bussola all'interno del tool dorato
- Posizionare la guarnizione sulla bussola
- Azionare manualmente la pressa per inserire la guarnizione all'interno della bussola
  - o Nota: nell'istante in cui la guarnizione penetra all'interno della bussola, può esser udito un ticchettio che assicura l'avvenuto idoneo accoppiamento.

Più dettagliatamente le superfici a contatto che determinano l'inserimento della guarnizione sono costituite dal bordo superiore del tool nero e la cavità della molla della guarnizione. L'ampia gola realizzata nella bussola (visibile nella figura più a destra) è necessaria per l'estrazione della bussola stessa dal tool dorato, avente la funzione di guida per la guarnizione e stabilità di posizionamento della bussola stessa.

### 3.4 Articolazione attività svolte

Le attività effettuate durante il tirocinio son state:

- Analisi AS – IS del flusso di produzione
  - o Tornitura jacket
  - o Burattatura jacket
  - o Installazione molle nel jacket

- Validazione finale
- Individuazione criticità
  - Rilevazione non conformità di prodotto durante realizzazione dei lotti di produzione;
  - Identificazione comportamenti sulla variabilità della capacità del processo di tornitura;
  - Identificazione delle procedure per controllo di processo mancanti e/o da modificare;
- Individuazione delle cause
  - Root cause analysis
- Azioni correttive
  - Progettazione ed implementazione processi TO – BE per tornitura e installazione molle;
  - Redazione/modifica procedure per controllo di processo;
- Azioni migliorative
  - Progettazione strumenti per taglio sezione della guarnizione;
  - Progettazione cassetta storage jacket;
  - Studio di fattibilità per investimenti futuri di maggior automazione del processo di installazione molle;
  - Studi sul trattamento criogenico.

Il dettaglio di tali attività ed i vari documenti ed obiettivi in input ed output verranno esposti nei capitoli successivi.

## 4 Flusso di produzione AS-IS

---

Di seguito viene presentato con un diagramma di flusso in Figura 30 tutti i sotto-processi necessari per la realizzazione della Special Rod Optiseal® in maniera conforme ai requisiti ed obiettivi pianificati. Tali processi verranno maggiormente approfonditi nei paragrafi successivi. I vari sotto-processi esposti sono quelli che Hallite Italia svolge nella situazione AS-IS.

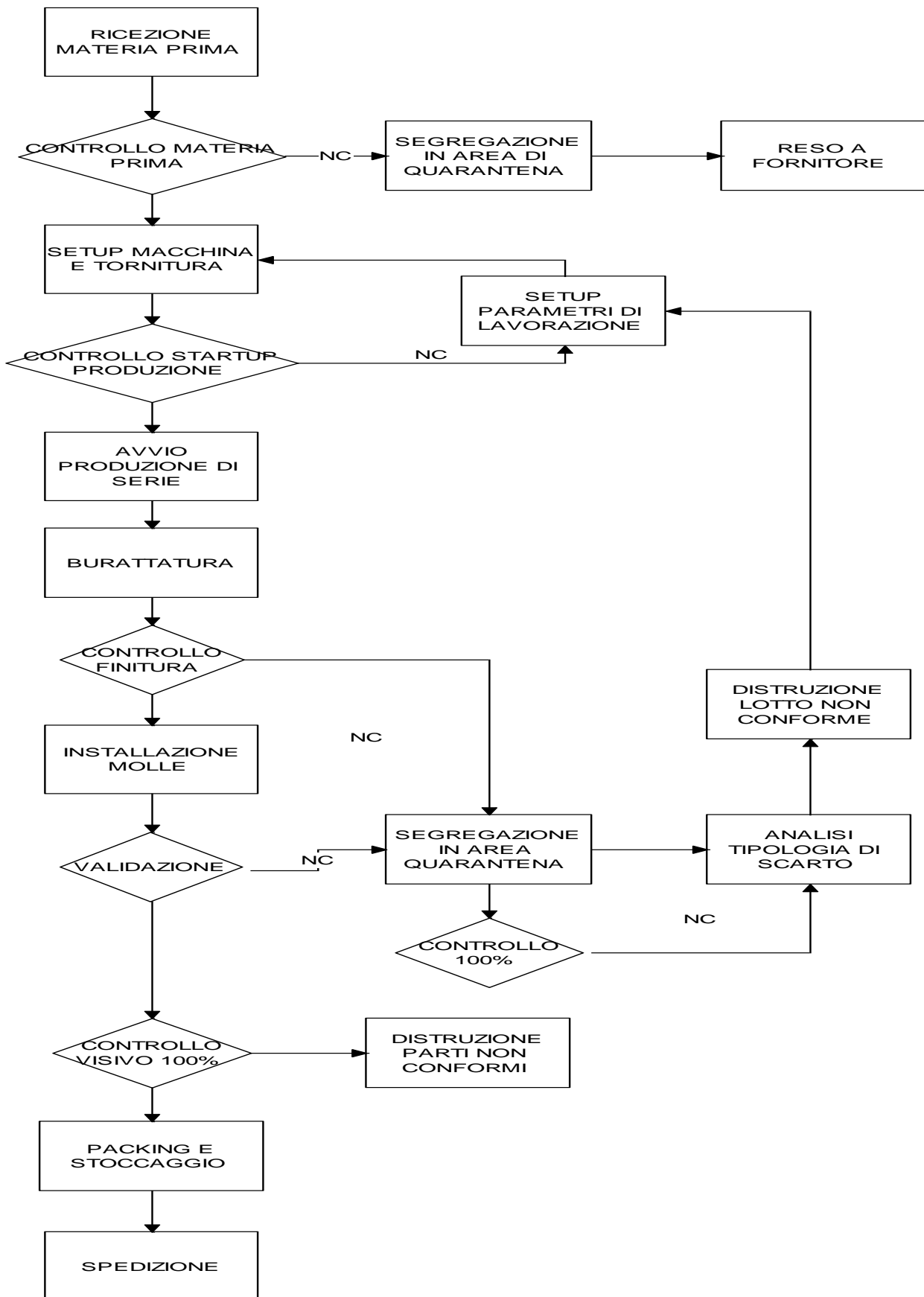


Figura 30: diagramma di flusso processi Optiseal

## 4.1 Presentazione flusso di produzione

Il flusso di produzione della Special Rod Optiseal® si articola nei seguenti processi:

- Tornitura jacket su macchina TCN32
- Burattatura jacket
- Montaggio molle
- Validazione finale

### 4.1.1 Tornitura jacket



Figura 31: Tornio TCN32

#### Step di processo

- 1 pezzo/ciclo
- 450 pezzi/barra
- 250 pezzi/ora teorico

#### Step di controllo

- Controllo set-up

#### Attrezzature specifiche

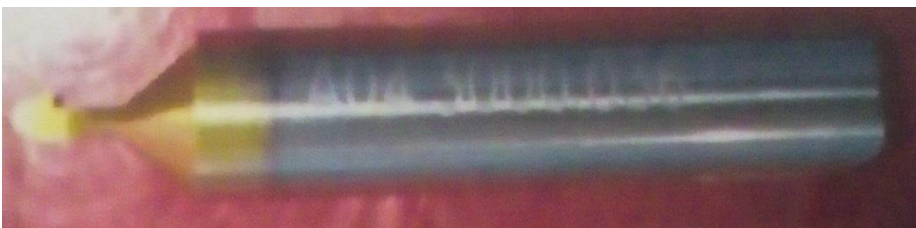


Figura 32: Utensile speciale cava molla

- Operatore CNC, a calibro
- Controllo start-up
  - Operatore CNC, a calibro
- Verifiche rompi-lotto
  - Operatore CNC, a calibro

- Utensile sagomato per cava della molla
  - o Vita utile stimata 10 barre

#### 4.1.2 Burattatura jacket



Figura 33: Buratto

##### Step di processo

- 1 ora/carico
- Max 1000 pezzi/carico

##### Step di controllo

- Controllo finitura
  - o Operatore buratto/responsabile magazzino, analisi visiva

Nessuna attrezzatura specifica necessaria.

### 4.1.3 Montaggio molle

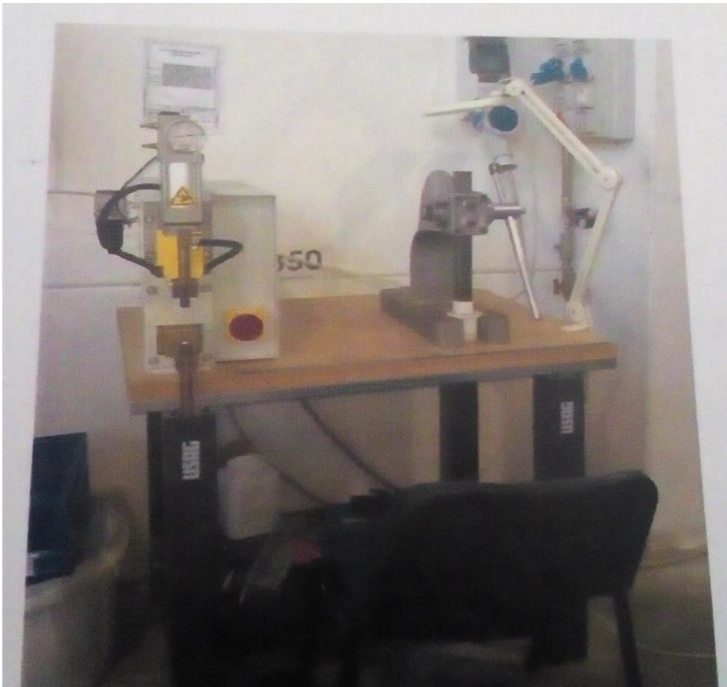


Figura 34: Puntatrice e Pressa manuale

#### Step di processo

- Pressa manuale
  - o Cadenza da definire

#### Step di controllo

- Montaggio molle
  - o Controllo documentazione molle, responsabile magazzino
- Controllo visivo
  - o Operatore montaggio/responsabile magazzino, analisi visiva

#### Attrezzature specifiche



Figura 35: Supporto jacket, maschio d'installazione e fine corsa

## 4.1.4 Validazione finale

### Step di controllo

- Ispezione dimensionale AQL |v| 1
  - o Operatore qualità, a calibro
- Analisi capability di processo
  - o Operatore qualità, elaborazione dati precedenti, target 1,00 per Cp e Cpk
- Controllo visivo finale 100%
  - o Esterno ad azienda specializzata, personale specializzato con ingranditore.

## 4.2 Requisiti e performance stabiliti dal cliente

Il processo appena descritto, come anche accennato al par. 1.2, si trova in uno status non definitivo secondo il rapporto di relazione col cliente, inerente allo stato di rapporto di fornitura. In tale paragrafo vengono messi in rassegna requisiti, obiettivi e performance di processo da raggiungere inerentemente a quello che è stato il mio ruolo all'interno del progetto di tirocinio.

Tipologia Campione	Attrezzature / Stampi / Materiali / Trattamenti	Processo
PROTO A (Maquette) campione di forma impiegato in prove preliminari, privo di alcune parti non specifiche, al fine di stabilire il corretto dimensionamento	<u>NON</u> DEFINITIVI	<u>NON</u> DEFINITIVI
PROTO B (Prototipo) parzialmente funzionante e idoneo per test specifici	<u>NON</u> DEFINITIVI	<u>NON</u> DEFINITIVI
PROTO C (Pre-serie)	DEFINITIVI	<u>NON</u> DEFINITIVI/ DEFINITIVI (*)
PROTO D (Prima Fornitura**)	DEFINITIVI	DEFINITIVO

Tabella 13: Tipologia di campioni

Come si vede dal capitolato di fornitura, in base alle indicazioni di riferimento lo stato del processo e delle attrezzature/stampi/materiali/trattamenti si trovava in PROTO C (Pre-serie). In tale fase, l'obiettivo è quello di rendere definitivo il processo produttivo, il quale si trova in tale condizione soltanto per una prima campionatura di 50 pezzi ma non rappresentante la produzione di serie. Relativamente, invece alle performance caratterizzanti la capacità di processo, di seguito vengono esposti gli obiettivi quantitativi da raggiungere.





Simbolo	Proto A	Proto B	Proto C o Run @ Rate o dopo modifica	Proto D o Serie
 Componenti	Capability non richiesta. Misurare 100% dei campioni per le quote di ingombro	Capability non richiesta. Misurare 100% dei campioni per il 100% delle quote	CONTROLLO 100%	CONTROLLO 100%
 Elementi semplici			Cmk $\geq 2$	Cpk $\geq 1,67$
 F			Cmk $\geq 1,67$	Cpk $\geq 1,33$
 S			Cmk $\geq 1,33$	Cpk $\geq 1,2$
Nessun Simbolo			Cmk $\geq 1,2$	Tolleranza

Tabella 14: Indici di performance produttive

Come si legge dal capitolato, devono esser realizzati specifici studi statistici atti a determinare che:

- Il processo produttivo risulti stabile
  - o Utilizzare carte di controllo X-R redatte secondo norma UNI ISO 8258 o corrispondenti;
- Il processo produttivo risulti capace
  - o Necessari studi su Cm e Cmk per la pre-serie e Cp e Cpk per la produzione di serie.

Inoltre:

- Per il calcolo del Cmk si deve prelevare un minimo di 25 pezzi prodotti consecutivamente;
- Per il calcolo del Cpk si devono prelevare campioni equamente distribuiti sull'intero periodo di produzione, coprendo tutti i turni lavorativi.

Tali indici devono esser determinati secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10993 o norma corrispondente.

#### 4.2.1 Informazioni sulla documentazione

Di seguito vengono esposti alcuni documenti, la maggior parte dei quali di mia pertinenza, che LR richiede nel rapporto di fornitura:

- Certificato d'analisi e conformità materie prime
  - o Documento proveniente dal produttore delle materie prime utilizzate, atto a dimostrarne la conformità alle specifiche tecniche, redatto secondo norma UN EN



- 10204 o equivalente;
- Scheda tecnica materie prime
    - o Documento proveniente dal produttore delle materie prime utilizzate, atto a poterne comprendere la natura delle caratteristiche;
  - Informazioni trattamento superficiale
    - o Informazioni atte a comprendere la natura e le caratteristiche del trattamento superficiale (se presente) ivi inclusa la misurazione dello spessore;
  - Studio di capacità
    - o Documento che attesta le registrazioni ed i risultati delle carte di controllo (X-R) ed il calcolo statistico di capacità Cm/Cp e Cmk/Cpk;
  - Flusso di processo
    - o Flow chart che descrive tutte le fasi di realizzazione del componente partendo dalla materia prima fino al packaging;
  - Control plan
    - o Documento ove vengono espone le azioni intraprese con cadenza programmata al fine di mettere sotto controllo il processo produttivo;
  - PFMEA (process failure mode and effect analysis)
  - MSA (measurement system analysis)
    - o Analisi del Sistema di misura atta a determinare la ripetibilità e riproducibilità del Sistema di misura
  - Informazioni su stampi/attrezzature.

Nei successivi paragrafi di questo capitolo vengono maggiormente dettagliati e approfonditi i processi, esposti in prima battuta al par.4.1, inerenti alla realizzazione della Special Rod Optiseal®.

### 4.3 Tornitura jacket

Il processo di tornitura del jacket della guarnizione, come accennato ai paragrafi precedenti, viene realizzato grazie al Tornio TCN32, modello adatto a lavorazioni su diametri massimi inferiori a 32mm.



Figura 36: TCN32

		TCN 26	TCN 32
<b>Modello</b>			
<b>Campo di lavoro mandrino</b>	mm	26	32
<b>Diametro passaggio mandrino:</b>			
Barra forata ( tubo )	mm	26	32
Barra tonda	CH	22	32
Barra esagonale	SW	18	31
Barra quadra			25
<b>Mandrino</b>			
Potenza disponibile	KW	4,4	4,4/5
N° max. giri mandrino	rpm	8.000	4.000

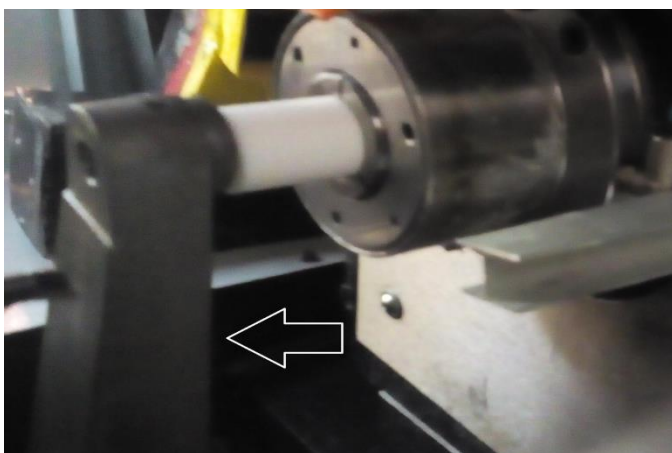
Figura 37: caratteristiche mandrino TCN

Come anche visto al cap. 3, il jacket è costituito da PTFE G500 TFM 1600 approvvigionato sotto forma di barre dalla lunghezza di 2 metri e di diametro 14,5mm. Tali barre vengono portate al mandrino tramite un sistema spingi-barra rappresentato nella figura di sotto.



**Figura 38: Spingi-barra TCN**

La barra di PTFE viene inserita nel foro, indicato dalla freccia, dello spingi-barra in caso di barre molto lunghe, mentre nel caso della Special Rod Optiseal® occorre smontare la parte adiacente alla TCN32 e inserire un adattatore da 16mm in modo da consentire un miglior alloggiamento della barra. Il sistema funziona in modo tale la barra di PTFE venga inserita in modo graduale e del passo desiderato e programmato di conseguenza, bloccata da una pinza interna alla TCN32 e raffigurata di seguito.



**Figura 39: Sistema di bloccaggio barra PTFE**

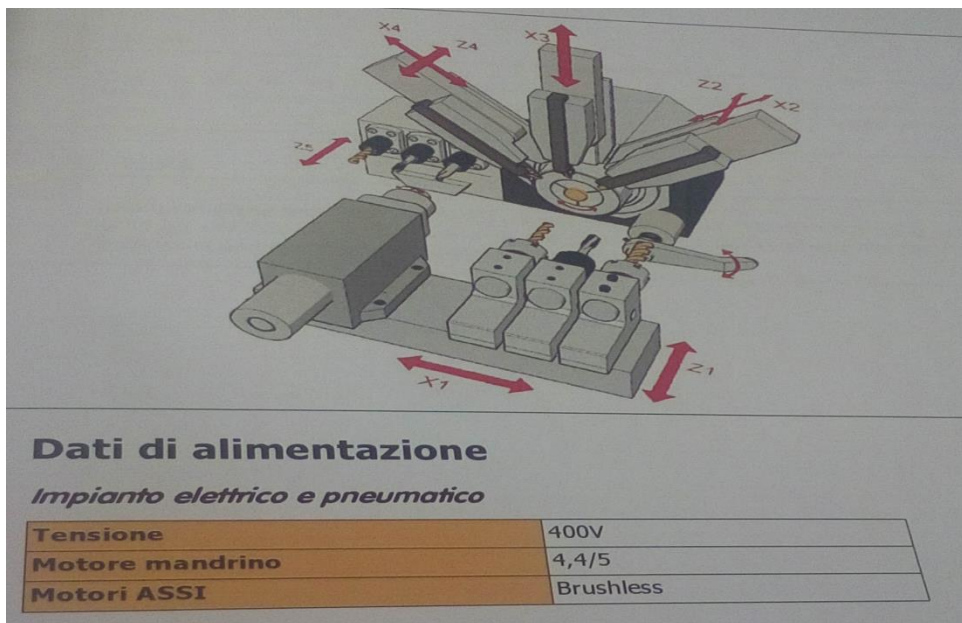


Figura 40: assi TCN

Come si può vedere in Figura 40, il tornio è composto da 5 carri, tutti a 2 assi, sui quali vengono montati gli utensili da utilizzare in questo processo. I carri effettivamente utilizzati per la tornitura del jacket sono 3 (sono inclusi soltanto il carro n° 1, 2 e 4). Tali utensili per la lavorazione si identificano in:

- Utensile per intestatura e sgrossatura esterna (carro 4)
  - o Intestatura utilizzata per rimuovere parte di truciolo sulla superficie frontale della barra e sgrossatura esterna per la realizzazione del profilo esterno;
- Utensile per sgrossatura interna (carro 1, posizione sinistra)
  - o Realizzazione del foro ed una passata di sgrossatura per il profilo interno;
- Utensile per barenatura (carro 1, centrale)
  - o Bareno per effettuare la finitura del profilo interno;
- Utensile speciale per molla (carro 1, destra)
  - o Si tratta di un utensile speciale adatto ad eseguire un'operazione critica come quella della realizzazione della cava per l'inserimento molla e, come tale, presenta le dimensioni esatte rispetto a quelle della forma della cava da realizzare;
- Utensile da taglio (carro 2)
  - o Lama per taglio in modo da prelevare il prodotto;
- Asta per storage temporaneo (carro 1, a destra dell'utensile speciale, ma non rappresentato)
  - o Non si tratta propriamente di un utensile, ma di un asta posizionata sul carro.

Le bussole, necessarie per l'accoppiamento degli utensili ai carri, sono fornite dalla società CHI-

AMO S.r.l. e vengono approvvigionate le versioni con configurazione a 2 fresate in modo da poter inserire l'utensile in due posizioni a 180°.

Sono presenti, inoltre, delle pompette funzionanti ad aria compressa necessarie per far evacuare i trucioli dalla zona di lavorazione degli utensili per evitare che essi arrechino danni provocando non conformità. In particolare, esse sono posizionate una in corrispondenza del bareno e una sull'asta, quest'ultima necessaria per spingere la guarnizione appena realizzata all'interno di una cassetta posizionata in prossimità dell'asta stessa.

Di seguito è esposta l'istruzione operativa relativa alla realizzazione del jacket ed i relativi controlli.

<b>Fase 1</b>	<b>Requisiti necessari per all'attrezzaggio per inizio produzione</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Verificare di esser in possesso dei documenti necessari: ordine di produzione, disegno costruttivo del particolare e log benessere produzione.
B	Verificare la presenza nel database programmi dell'articolo richiesto.
C	Verificare l'effettuata validazione della materia prima, come da istruzione ISTR-001.
D	Identificare gli utensili da installare sulla macchina CNC per produrre l'articolo in questione come richiesto da programma.
<b>Fase 2</b>	<b>Procedura di attrezzaggio</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Procedere al montaggio degli utensili identificati al punto 1-D.
B	Caricare e lanciare il programma per <u>un singolo ciclo</u> .
C	Effettuare il ciclo di lavorazione fermando la macchina successivamente alle due fasi di tornitura e procedere ai controlli dimensionali come successivamente indicato.
D	<b><u>Controllo visivo</u></b> : i particolari non devono presentare irregolarità superficiali, bave e difetti in generale.
E	<b><u>Verifica cross section</u></b> : con riferimento al disegno, o al control plan specifico, procedere al rilievo della misura della fascia mediante <u>calibro digitale</u> , effettuare la misurazione in almeno 3 punti a 120°. Eventuali valori fuori tolleranza comportano <b><u>l'immediato scarto del particolare</u></b> . Si provvederà poi ad intervenire opportunamente sul programma per ovviare alla non conformità ripartendo successivamente dal punto 2.c della presente procedura.

F	<b><u>Verifica diametro esterno:</u></b> con riferimento al disegno, o al control plan specifico, procedere al rilievo della misura del diametro esterno in <u>macchina ottica con calibro digitale</u> . Eventuali valori fuori tolleranza comportano <u>l'immediato scarto del particolare</u> . Si provvederà poi ad intervenire opportunamente sul programma per ovviare alla non conformità ripartendo successivamente dal punto 2.c della presente procedura.
G	<b><u>Verifica altezza:</u></b> con riferimento al disegno, o al control plan specifico, riavviare il ciclo e procedere al rilievo della misura dell'altezza del pezzo finito, effettuare la misurazione in almeno 2 punti a 180°. Eventuali valori fuori tolleranza comportano <u>l'immediato scarto del particolare</u> . Si provvederà poi ad intervenire opportunamente sul programma per ovviare alla non conformità ripartendo successivamente dal punto 2.c della presente procedura.
H	Al verificarsi dei punti 2.D, 2.E, 2.F e 2.G produrre n°4 pezzi controllando le dimensioni secondo disegno di controllo. Eventuali valori fuori tolleranza comportano <u>l'immediato scarto del particolare</u> . Si provvederà poi ad intervenire opportunamente sul programma per ovviare alla non conformità ripartendo successivamente dal punto 2.c della presente procedura.
I	Avviare la produzione, o laddove previsto dal control plan specifico del prodotto, predisporre per il controllo rompi-lotto.

Tabella 15: istruzione operativa tornitura jacket

Coerentemente ai processi visti nel diagramma di flusso a inizio cap.4, le tipologie di controllo sono essenzialmente delle verifiche relative al matching tra il profilo della guarnizione ottenuto e quello teorico attraverso macchina ottica, considerando le tolleranze, relativamente al diametro esterno, vale a dire quello che presenta la forma particolare progettata col cliente.

Come si vede in figura sotto, viene posizionata la sezione della guarnizione da verificare presso la zona luminosa (orientabile con due leve laterali) così da ottenere l'immagine sullo schermo. Successivamente si rilevano col mouse i punti del profilo ove deve avvenire la misurazione e confrontarli con le specifiche del disegno IM (di produzione): in tal modo si possono notare zone verdi o rosse in base al fatto che il profilo effettivo sia all'interno dell'intervallo di tolleranza teorico o al di fuori.



Figura 41: Macchina ottica

Le altre due dimensioni, invece, che caratterizzano d'altra parte qualsiasi guarnizione come sezione (diametro interno) ed altezza, vengono verificate soltanto mediante calibro digitale centesimale considerando il seguente disegno di controllo.

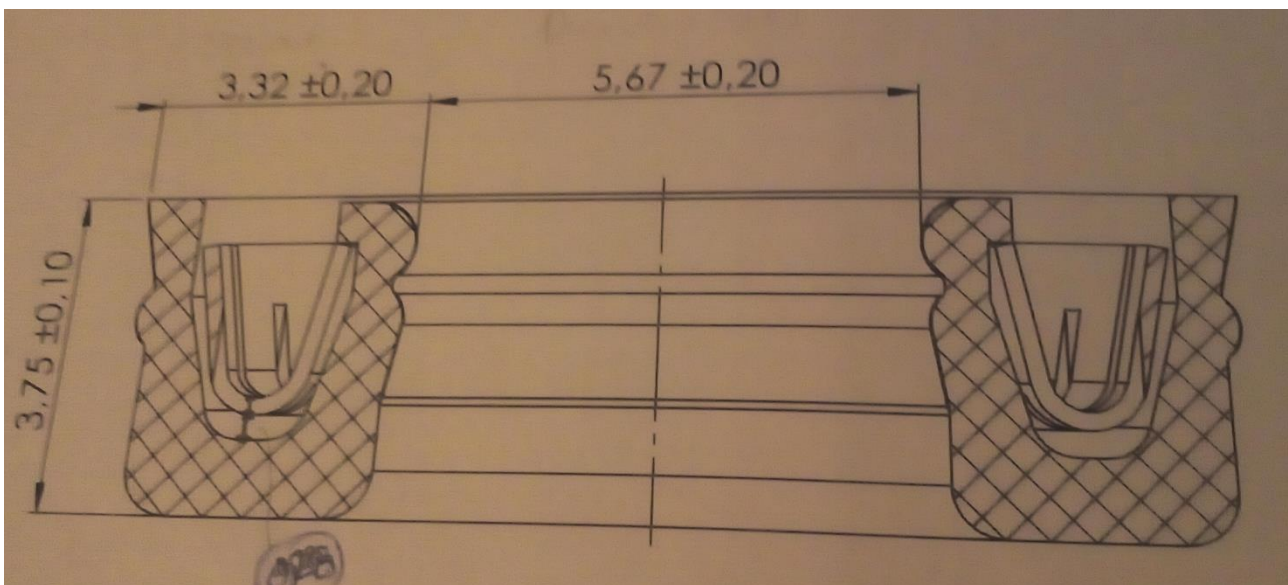


Figura 42: ID-001653

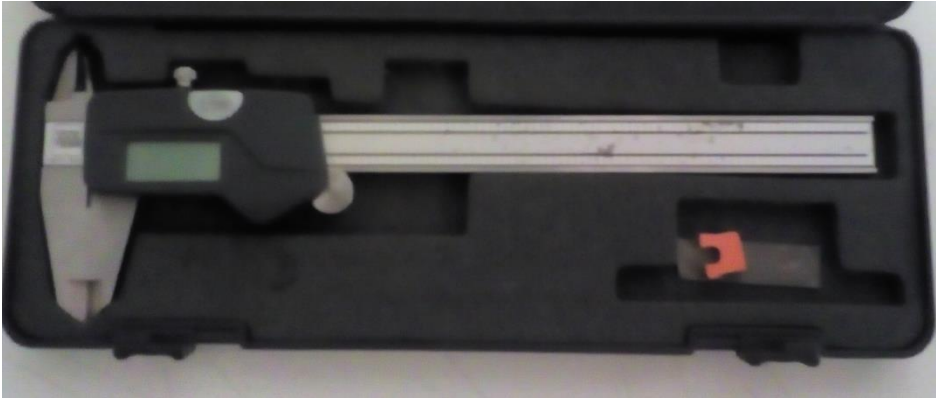


Figura 43: Calibro digitale centesimale

#### 4.4 Burattatura jacket

La **burattatura** (o **barilatura**) è una lavorazione meccanica di finitura superficiale tipicamente usata per la rimozione meccanica di residui di substrato, in particolare bava, dovuti alla lavorazione come stampaggio, fusione. Particolarmente adatta per dare una finitura superficiale ad un numero elevato di pezzi, di piccole dimensioni.

Avviene per rotolamento e urto dei pezzi in un barile (buratto) ed eventualmente di materiale abrasivo sagomato allo scopo, che velocizza l'operazione. Eventualmente la lavorazione può essere fatta pure in immersione di liquido, con lo scopo di prevenire attacchi chimici. La velocità di rotazione del buratto influenza la rapidità di lavorazione.

Questa lavorazione provoca variazioni dimensionali generalizzate sulle superfici del pezzo tra i 2 e 20  $\mu\text{m}$ .<sup>4</sup>

La burattatura è un'operazione più che altro effettuata a livello formale e richiesta dal cliente in quanto di prassi consolidata in questo business: effettivamente non elimina bave (infatti rimangono anche quelle lunghe), almeno per materiali non metallici, non fornendo perciò molto valore aggiunto alla relativamente alla conformità del prodotto. In seguito verranno effettuate valutazioni in tal senso.

---

<sup>4</sup><https://it.wikipedia.org/wiki/Burattatura>





Figura 44: Buratto Superminor SMR- D-120-SF+, albero di centraggio e fissaggio asportabile, componenti abrasive

Si tratta di una macchina robusta, con un moto-vibratore potente e dotato di notevole forza centrifuga. Viste le dimensioni esigue del jacket rispetto a quello del buratto, ogni lotto di produzione viene raggruppato tramite un filo, legato grazie all'albero centrale rappresentato in figura a destra, in modo che si eviti la dispersione all'interno del buratto stesso al momento relativo al prelevamento dei pezzi.

Di seguito viene esposta l'istruzione operativa relativa all'attività di burattatura.

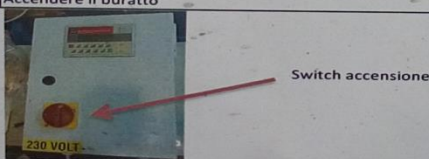
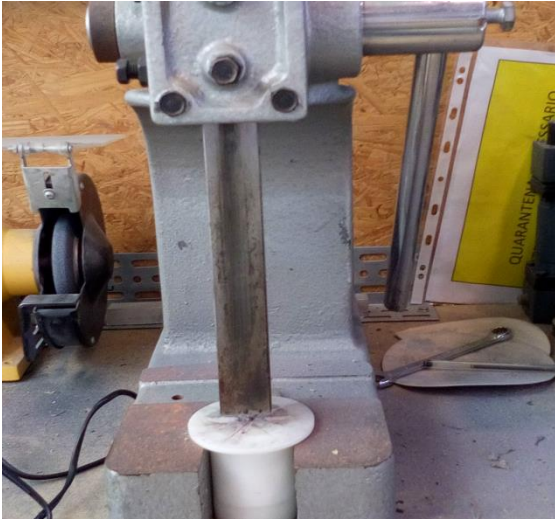
illite		ISTRUZIONE OPERATIVA		Rev:	00
		Burattatura parti in PTFE e plastica dura		Data:	giu-14
		IO 015 01/00		Pagina:	pag 1 di 1
PO	Lucidatura e finitura di parti tramite burattatura. Può essere usata per rimuovere bave e in alcuni casi sostituire il trimming.				
SCOPO DI AZIONE	Si applica al processo di finitura in generale.				
STRUMENTI	Buratto				
PRECAUZIONI	Protezioni standard (occhiali, guanti in lattice, cuffie...)				
<b>Fase 1:</b>		<b>Preparazione materiali occorrenti alla lavorazione</b>			
Responsabilità:		Operatore			
A	Indossare le protezioni				
B	Accertarsi di avere a disposizione le parti finite e il detergente.				
C	Pulire il buratto con acqua corrente prima dell'utilizzo. N.B.: Il recipiente sporco causerà la contaminazione delle parti.				
D	Inserire nel buratto le parti finite, l'abrasivo e acqua.				
<b>Fase 2:</b>		<b>Procedura</b>			
Responsabilità:		Operatore			
A	Accendere il buratto				
					
B	Posizionare le parti nel buratto e lavorarle per il tempo indicato nella tabella TAB.01.				
C	Rimuovere le parti lavorate e asciugarle.				
D	Spendere il buratto.				
<b>Fase 3:</b>		<b>Controllo</b>			
Responsabilità:		Operatore			
A	Rimuovere l'abrasivo residuo che può rimanere nelle scanalature del pezzo finito.				
B	Se le parti risultano sporche il buratto deve essere pulito. Rimuovere quindi tutte le parti, spegnere il buratto e pulirlo. Inserire poi il detergente e rimetterlo in funzione per almeno un ora.				
		In caso di dubbio seguire il manuale <b>SMR-D-120-SF</b> con la supervisione del responsabile di produzione			
		Firma per approvazione UFF. TECNICO UFF. QUALITA'			

Figura 45: Istruzione operativa burattatura

Per tale Special Rod Optiseal®, la durata dell'attività è di 1h 30' .

## 4.5 Montaggio molle

L'attività di installazione della molla all'interno della cava è semiautomatica, in quanto caratterizzata da operazione manuali ed altre automatiche considerando la risorsa utilizzata. Come già accennato al par.4.1.3, viene utilizzata una pressa manuale rappresentata in figura sotto.



**Figura 46: Pressa manuale**

La procedura d'installazione molle risulta la seguente:

- Posizionare il jacket sul maschio d'installazione;
- Inserire il supporto attorno al jacket;
- Posizionare la molla in corrispondenza della cava;
- Posizionare il dente sulla molla;
- Azionare il punzone attraverso la leva a destra in figura.

Esiste anche un'alternativa, che è stata valutata al mio ingresso all'attività di tirocinio di cui si discuterà nei prossimi capitoli, che poteva aver un impiego più efficiente con opportune modifiche agli strumenti d'installazione: si tratta di una puntatrice, utilizzata appunto per operazioni di saldatura a punti, da poter adattare all'utilizzo in questione.

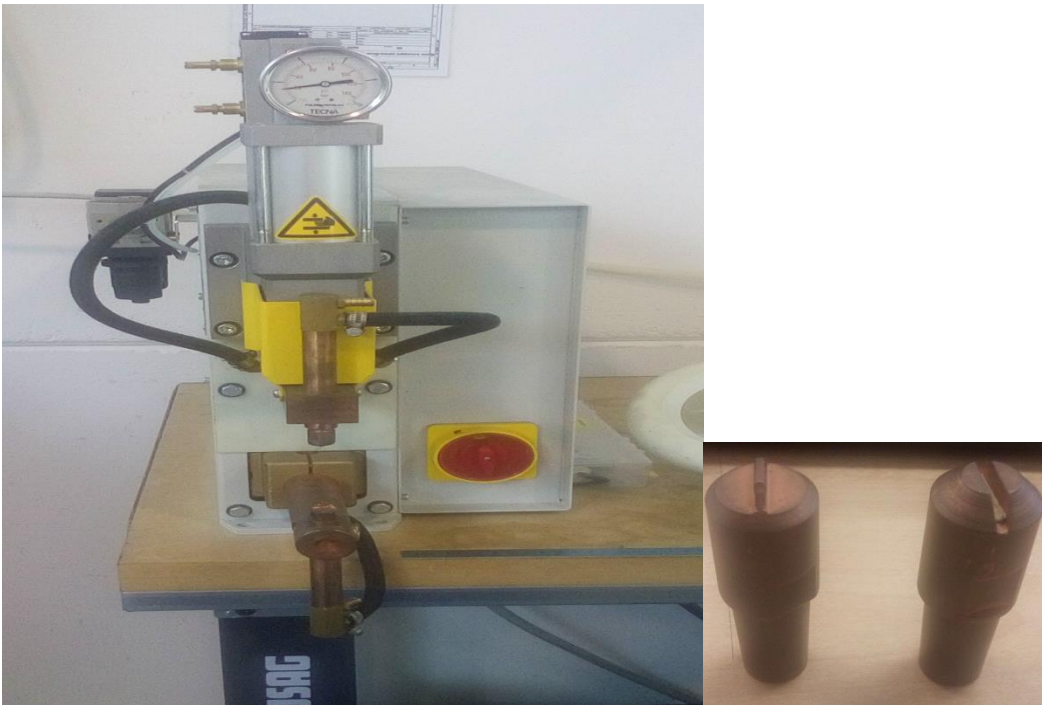


Figura 47: Puntatrice per installazione molle e relativi elettrodi

Il funzionamento consiste nell'abbassamento dell'elettrodo superiore verso quello inferiore grazie all'azionamento del pedale posto sul pavimento che, nell'utilizzo caratteristico della macchina, apporta corrente nella zona di saldatura. Il movimento dell'elettrodo avviene ad aria compressa come si può evincere e intuire dai due tubi neri in figura ed il manometro posto sulla parte superiore della macchina stessa.

Relativamente all'attività di montaggio molle, alla situazione AS-IS non era presente alcuna procedura o istruzione operativa.

#### 4.6 Validazione finale

Si tratta della fase di verifica ai requisiti d'utilizzo della guarnizione che avviene attraverso la misurazione, per mezzo del calibro centesimale, delle tre dimensioni caratterizzanti vale a dire diametro, sezione ed altezza: le misure da rilevare sono espresse nel disegno di controllo ID visto precedentemente.

Tale attività viene eseguita dal responsabile qualità - anche per aver una verifica indipendente rispetto alle misurazioni effettuate durante la tornitura jacket dagli operatori CNC - su un campione stabilito in base agli standard di AQL concordati.

La validazione, inoltre, prevede il controllo finale a 100% realizzato da una società esterna, la SAMET S.r.l di Livorno, impiegando un microscopio stereoscopico binoculare: l'operazione è attuata dal quality department dell'azienda.

## 4.7 Documenti di controllo

Il control plan risulta l'unico documento di processo al momento disponibile. La PMEA, altro documento principale, verrà riportata nella sua versione definitiva dato il suo stato di redazione ancora molto embrionale.

Part/ Process Number	Process Name/ Operation Description	Machine, Device, Jig, Tools	Characteristics			Special Char.Class	Methods							Reaction Plan
			No.	Product	Process		Product/Process Spec. Tolerance	IO/PF/ISTR reference	Evaluation/ Measurement Technique	Responsible	Sample		Control Method	
											Size	Freq.		
1	ACCETTAZIONE MATERIA PRIMA	\	1	VERIFICA CORRISPONDENZA DATI ORDINE IN ACQUISTO/MERCE IN INGRESSO	\	NO	COMPLETA CORRISPONDENZA	PF-002	VISIVO	Stock keeper	\	100%	VISIVO	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
			2	VERIFICA CORRISPONDENZA QUANTITA' BARRA RICHIESTE/ QUANTITA' BARRE IN INGRESSO	\	NO	ESATTA QUANTITA'	PF-002			\	100%		SEGNALAZIONE AL DIPARTIMENTO QUALITA'
2	CONTROLLO MATERIE PRIME	\	1	FINITURA SUPERFICIALE: ASSENZA DIFETTOSITA'	\	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	ISTR-001	ISPEZIONE VISIVA	CNC Operator / Quality inspector	\	100%	VISUALE	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
			2	DIAMETRO ESTERNO ØXXmm	\	SI	±0.5mm	ISTR-001	CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE		\	20%		
			3	CONTROLLO DUREZZA	\	SI	52-60	ISTR-001	DUROMETRO MANUALE ShD		\	20%		
			4	CONTROLLO DENSITA'	\	SI	2,14 - 2,18	ISTR-001	DENSIMETRO		\	20%		
5	SETUP E TORNITURA	\	1	FINITURA SUPERFICIALE: ASSENZA DI DIFETTOSITA'	\	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	ISTR-005	ISPEZIONE VISIVA	CNC Operator	\	100%	VISUALE	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
6	CONTROLLO STARTUP PRODUZIONE	CNC Lathe machine	1	DIAMETRO ESTERNO	\	SI	± 0,2 mm	IO-001	CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE	CNC Operator	4	100%	STRUMENTALE	SETUP PARAMETRI
			2	SEZIONE 3,32mm	\	SI	± 0,2 mm	IO-001			4	100%		
			3	SPESSORE 3,75mm	\	SI	±0,1 mm	IO-001			4	100%		
6,A	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE	\	1	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE PF- 002,ISTR-001, 005 e IO-001	\	SI	NESSUNA DEVIAZIONE	HSQP 006	VISIVO	Quality inspector	\	100%	VISIVO	RIPRISTINO PROCEDURE

8.A	CAMBIO BARRA/ROMPI LOTTO	CNC Lathe machine	1	DIAMETRO ESTERNO	\	SI	$\pm 0,2$ mm	IO-001	CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE	CNC Operator	4	100%	STRUMENTALE	Controllo 100% / rottamazione segmento di lotto
			2	SEZIONE 3,32mm	\	SI	$\pm 0,2$ mm	IO-001			4	100%		
			3	SPESSORE 3,75mm	\	SI	$\pm 0,1$ mm	IO-001			4	100%		
9	BURATTATURA	Buratto	1	ASSENZA BAVE	\	NO	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	IO-015	VISIVO	Warehouseman	20	100%	VISIVO	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
11	INSTALLAZIONE MOLLE	Pressa manuale	1	CONFORMITA' MOLLE	\	SI	VERIFICA DOCUMENTAZIONE MOLLE		VISIVO	Warehouseman	1	100%	VISIVO	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
12	VALIDAZIONE LOTTO	\	1	DIAMETRO ESTERNO	\	SI	$\pm 0,2$ mm		CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE	Quality inspector	AQL lvl I	100%	STRUMENTALE	Controllo 100% / rottamazione lotto
			2	SEZIONE 3,32mm	\	SI	$\pm 0,2$ mm					100%		
			3	SPESSORE 3,75mm	\	SI	$\pm 0,1$ mm					100%		
			4	ASSENZA BAVE	\	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'		VISIVO		AQL lvl I	100%		Richiesta approvazione in deroga
			6	VERIFICA CAPABILITY	\	SI	Min 1,33 Cp, Min 1,33 Cpk (rilievi punti 1,2, e 3)				AQL lvl I	100%		
			7	ISPEZIONE VISIVA (supplementare)	\	SI	Nessun difetto visibile su tutte le facce				100%	100%		
12.a	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE	\	1	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE PF-002,ISTR-001, 003, IO-001 e IO-015	\	SI	NESSUNA DEVIAZIONE	HSQP 006	VISIVO	Quality inspector	\	100%	VISIVO	RIPRISTINO PROCEDURE

Tabella 16: Control Plan AS-IS

## 5 Capitolo 5. Performance produzione di pre-serie

---

Per produzione di pre-serie, come accennato nei capitoli precedenti, s'intendono quei lotti di produzione realizzati in fase proto C e proto D che, a livello di gestione dell'intero processo, non rappresentano la vera e propria produzione di serie. Le diversità sono, infatti, le seguenti:

- Procedure, documenti di processo e istruzioni operative non definitive;
- Consegna diretta presso il cliente, utilizzata come occasione di incontri e valutazioni congiunte delle performance;
- Studio di capacità di processo attuato a 100%.

La produzione di pre-serie è stata essenzialmente composta da un lotto ordinato di 500pz, suddiviso in 50pz da spedire entro il 9/12/2015 e 450pz entro la fine dell'esercizio (31/12/2015). Al paragrafo successivo sono presenti le modifiche già attuate prima dei 50pz.

### 5.1 Studio sotto - processo: montaggio molle

Durante questo periodo sono state apportate già delle sostanziali modifiche per quanto riguarda, considerando i sotto-processi del flusso produttivo, il montaggio della molla in cava.

La prima attività di cui mi son occupato, come visto al par.3.4, è consistita nella valutazione della fattibilità di tal montaggio attraverso l'utilizzo della puntatrice: essa è consistita essenzialmente nel studiarne il funzionamento e vedere se esso fosse stato attuabile senza il passaggio della corrente, valutando in caso eventuali dispersioni possibili. Il controllore della puntatrice è un modello TE550.



Figura 48: Controllore puntatrice TE550 e puntatrice

Come si vede in figura, la puntatrice è dotata di un manometro per controllare la pressione di serraggio sei due elettrodi: quello inferiore è fisso mentre quello superiore ha un moto traslazionale verso il basso, entrando in contatto col primo.

Risultati rilevanti dello studio:

- Pressione regolabile attraverso una *valvola proporzionale* e presenta dei valori discreti, quali 0,5-1-2-3-4-5-6 bar. Il valore è stato impostato su 0,5bar viste le forze in gioco molto basse nell'effettuazione del montaggio;
- Possibile attivazione del comando non salda (il terzo dall'alto) e verifica di essa attraverso l'accensione del LED accanto;
- Impossibilità di registrazione corsa e quindi conteggio delle installazioni attuate se non col passaggio di corrente nella zona di contatto;
- Possibilità di regolazione del tempo di accostamento attraverso la regolazione del posizionamento iniziale indipendentemente dalla pressione di contatto dei due elettrodi.

Valutata, perciò, positivamente la fattibilità di tale attività, l'obiettivo successivo è stato quello di realizzare due nuovi tools di montaggio molla considerando:

- Dimensioni delle parti di accoppiamento degli elettrodi (in figura al par. 4.5) con gli alloggiamenti della puntatrice;
- Dimensioni del jacket;
- Dimensioni della molla, in particolare del diametro passante fra le gole ed il raggio di



arrotondamento della V;

- Tools “vecchi”, in particolare le dimensioni del dente;
- Tools utilizzati da LR per l’installazione della guarnizione all’interno della bussola (par. 3.3)
  - o Occorre, perciò, prevedere delle interfacce guida da permettere l’esatto centraggio dei due tools a meno di un determinato gioco. Inoltre, sono necessari degli smussi negli spigoli di accoppiamento;
- Utensili disponibili per lavorazione al tornio CNC.

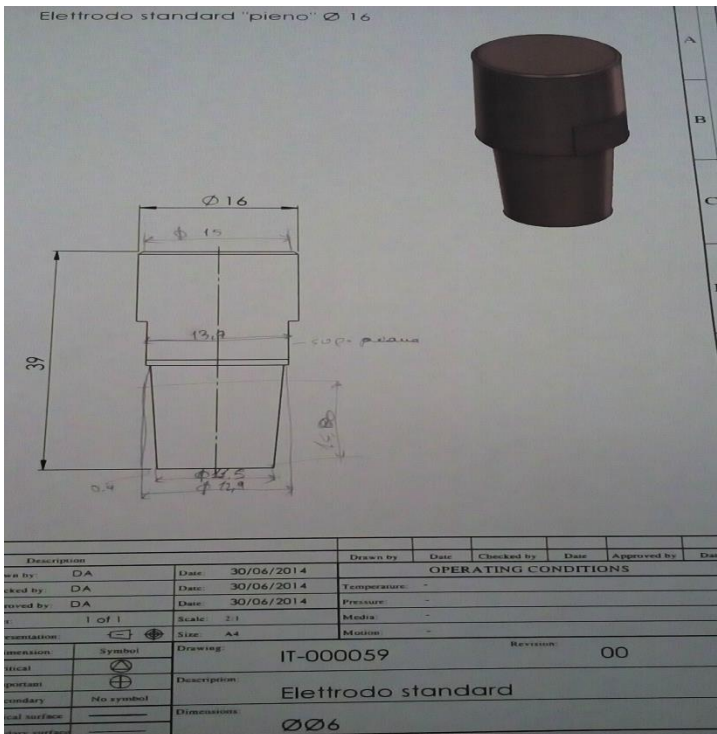


Figura 49: Disegno elettrodo puntatrice

I requisiti principali che tali tools devono presentare sono:

- Assenza di contatto tra tool superiore e jacket;
- Contatto da effettuare tramite battuta tra i due tools;
- Materiale di immediata disponibilità interna e conforme agli sforzi ripetuti ai quali esser sottoposto per tale sotto-processo.

Dalle considerazioni effettuate ed i requisiti ai quali rispondere, il risultato di tal progettazione è presentato in figura sotto.

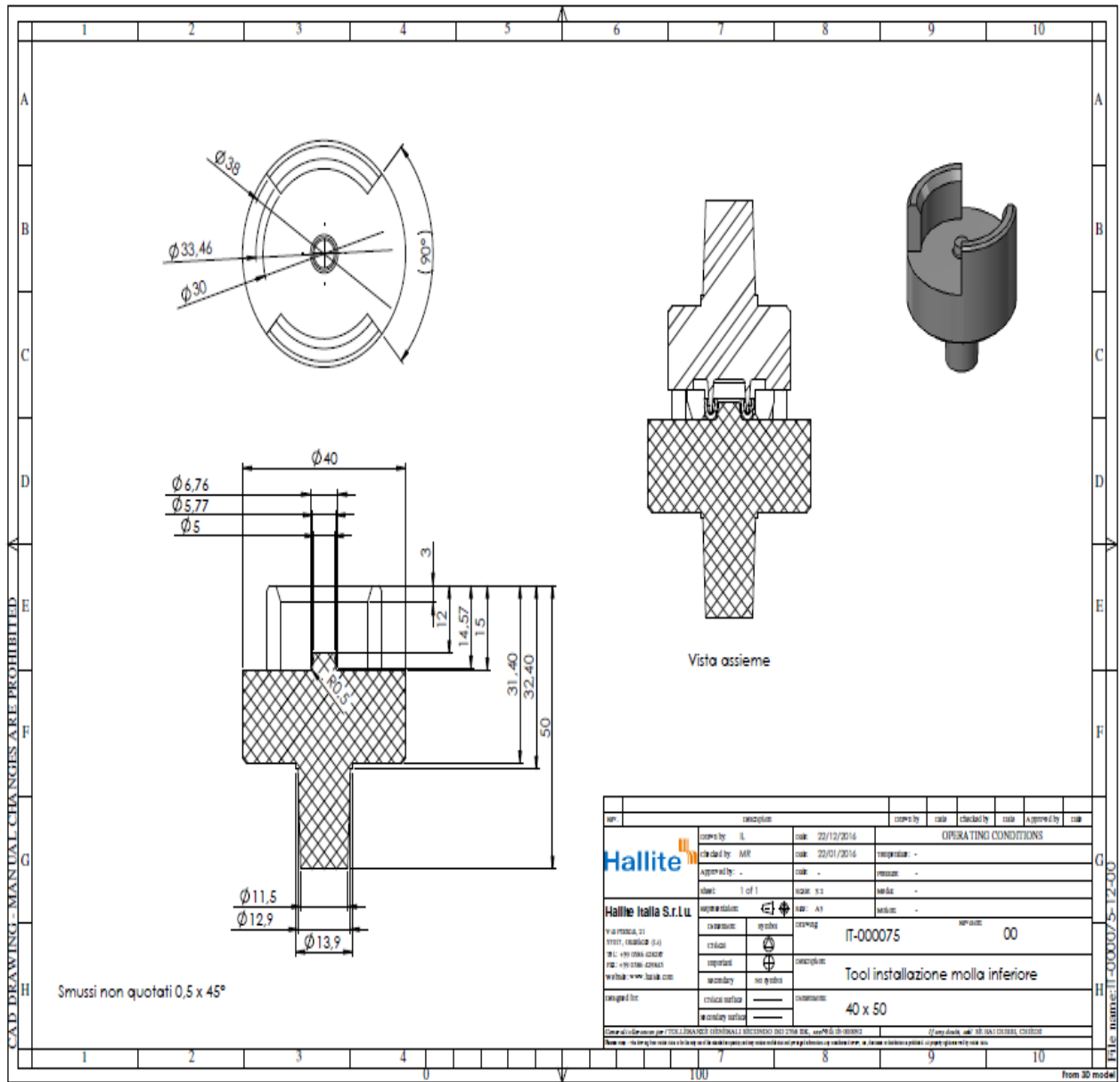


Figura 50: Tool inferiore installazione molla

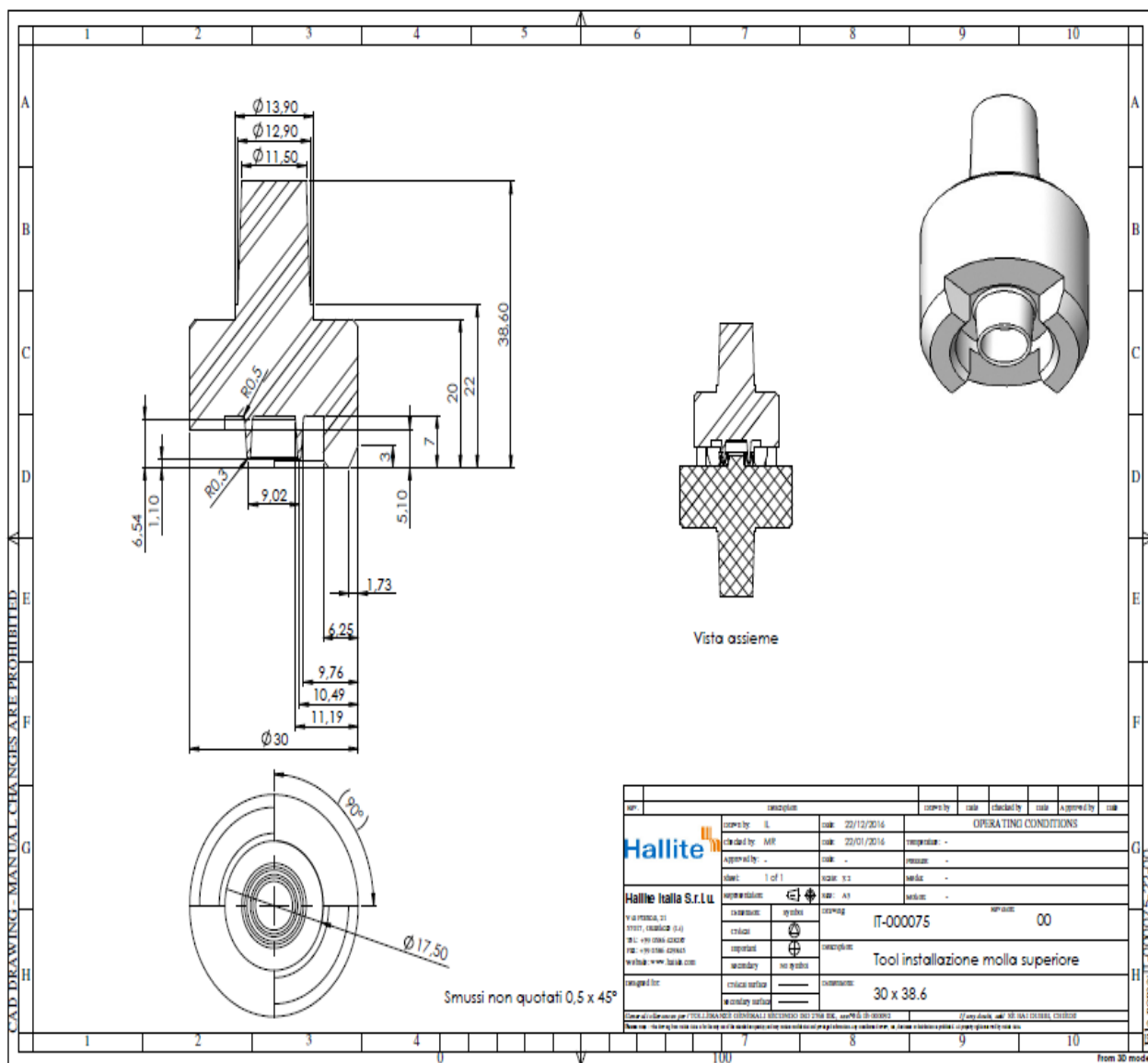










Figura 51: Tool superiore installazione molla

I due tools sono stati realizzati in precedenza in POM e successivamente in PEEK CARBON in quanto quest'ultimo possiede caratteristiche meccaniche più performanti rispetto al primo: entrambi i materiali risultavano disponibili internamente.

Di seguito è riportata l'istruzione operativa con le relative figure e codifiche dei tools.

Fase 1	Requisiti necessari per il setup
Responsabilità	Warehouseman
A	Verificare di esser in possesso dei tool IT-000075-12 e IT-000075-22 necessari per l'accoppiamento di jacket e molla 

B	<p>Verificare l'effettiva assenza di passaggio di corrente nella puntatrice attraverso il programma</p> 
C	Verificare l'effettivo azionamento dell'elettrodo superiore della puntatrice attraverso il pedale
D	Verificare l'effettiva presenza dei jacket e molle
<b>Fase 2</b>	<b>Setup puntatrice</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>Warehouseman</b>
A	Visionare le etichette dei tool per identificarne la configurazione di posizionamento
B	<p>Installare i tool coerentemente con la configurazione di cui al punto fase 2-A</p> 
C	<p>Verificare il corretto montaggio dei tool negli appositi alloggiamenti</p> 
D	<p>Effettuare una prova di installazione a vuoto per verificare il corretto centraggio dei tool</p> 
<b>Fase 3</b>	<b>Installazione molle</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>Warehouseman</b>

A	<p>Posizionare il jacket in corrispondenza dell'alloggiamento presente sul tool inferiore</p> 
B	<p>Posizionare la molla in corrispondenza della cava del jacket</p> 
C	<p>Azionare il pedale per l'installazione della molla</p>  <p>configurazione tool dopo l'azionamento del pedale</p>
D	<p>Prelevare il prodotto ottenuto</p> 
E	<p>Verificare lo stato superficiale del prodotto ottenuto</p>

**Tabella 17: Istruzione operativa installazione molle**

Come si vede dall'istruzione operativa, durante l'esecuzione di quest'ultima è previsto l'utilizzo, da parte dell'operatore, di un attrezzo per serrare manualmente il tool inferiore nel corrispondente alloggiamento ed assicurarsi che non ci siano vibrazioni e/o oscillazioni.

### 5.1.1 Collaudo tools per puntatrice

- Materiale usato: peek carbon;
- Validazione: ottenuta con successo su 12 pezzi;
- Tempo di set-up macchina: 10secondi (basta far fare la prima battuta e regolare il centraggio di conseguenza);
- Tempo Ciclo: circa 4-5 secondi massimo (anche 3).

Note: anche mettendo i due componenti (jacket e molla) senza molta attenzione l'installazione

avviene in maniera conforme, Da quanto risulta da verifiche indipendenti di tale attività fatte realizzare a più operatori.

Come si vede dal grafico sottostante, tutti le misurazioni, effettuate col comparatore, danno un risultato di conformità totale.

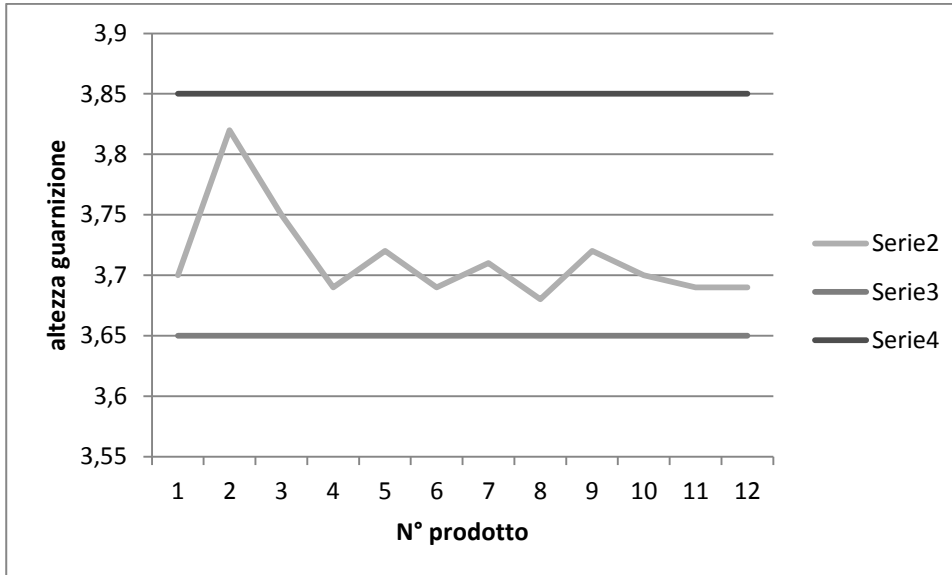


Tabella 18: Grafico collaudo tools puntatrice

## 5.2 Analisi statistiche lotto 50 pezzi

Come visto nell'introduzione del corrente capitolo, i 50pz sono stati consegnati direttamente a LR presso la sede di Reggio Emilia. Di seguito viene esposto il risultato delle carta di controllo e lo studio statistico per ogni dimensione di controllo della guarnizione.

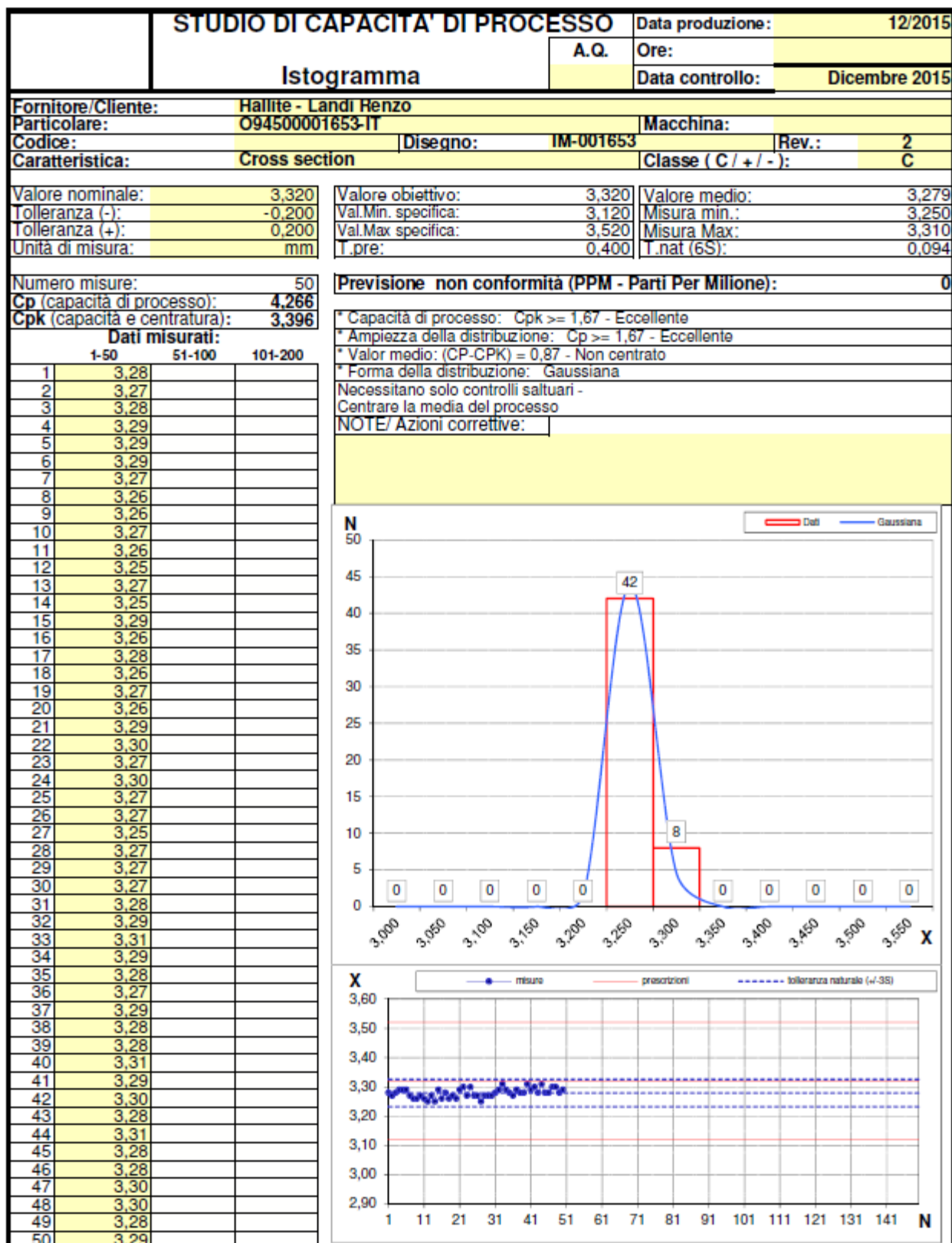


Tabella 19: Studio statistico cross section 50pz

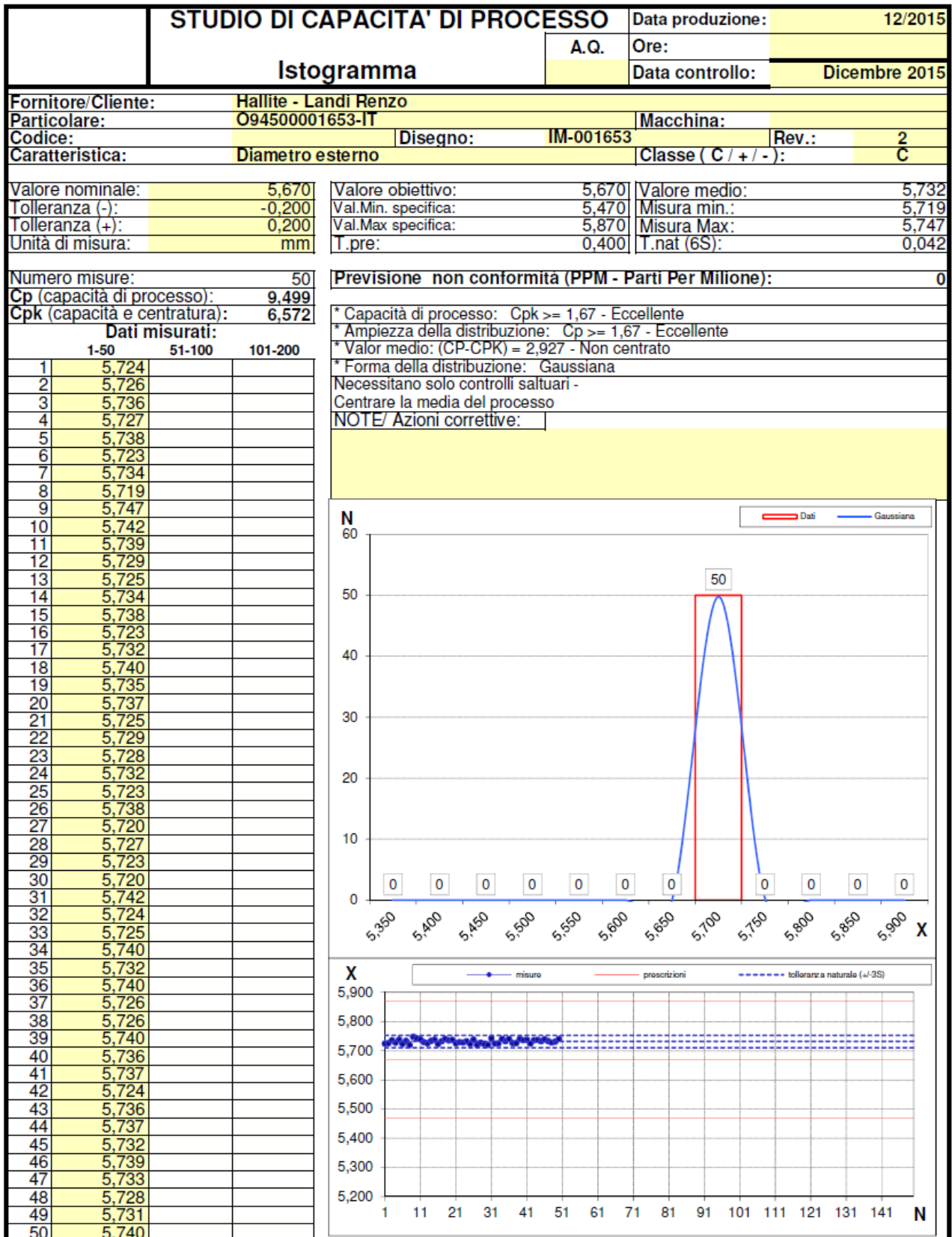


Tabella 20: Studio statistico diametro interno 50pz



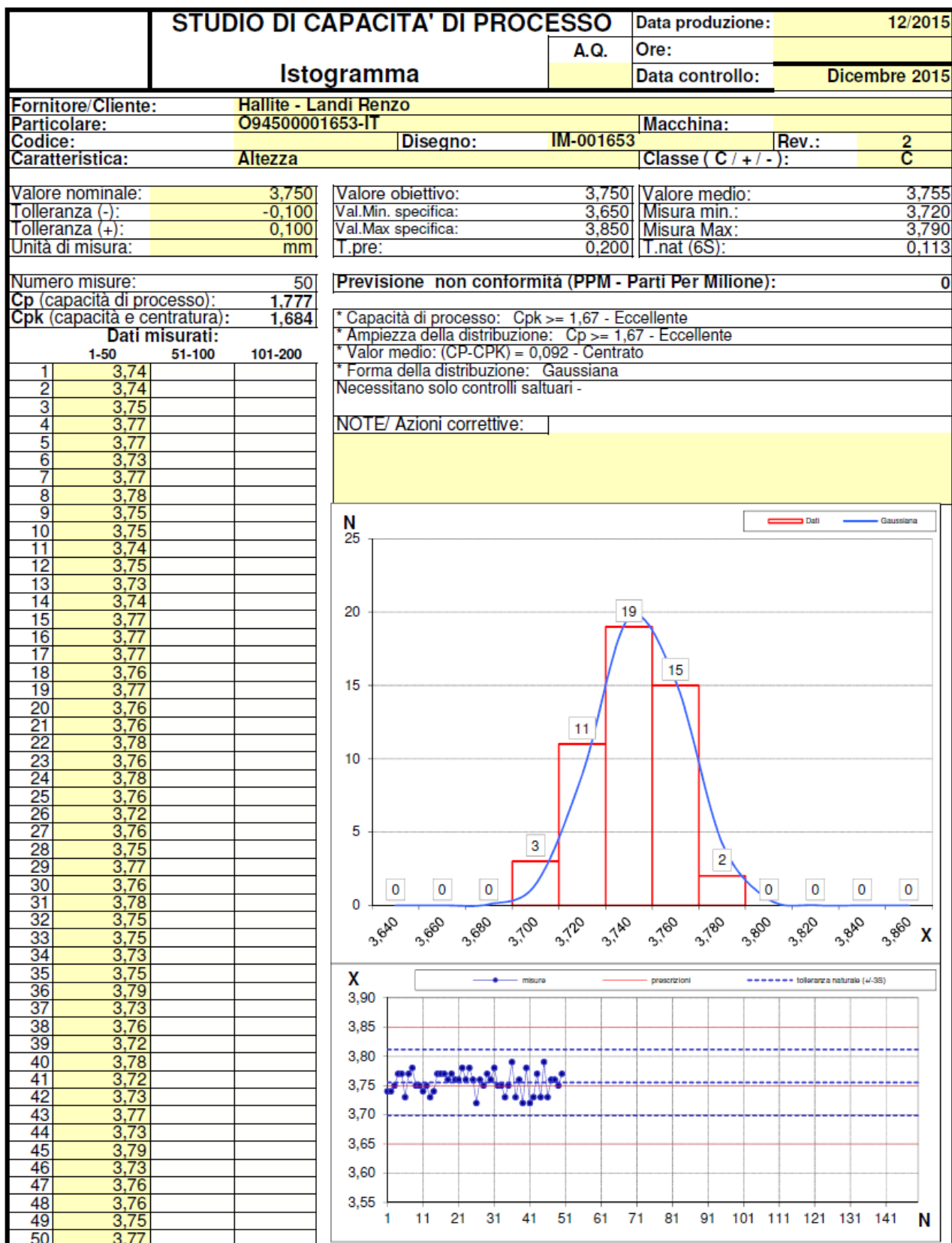


Tabella 21: studio statistico altezza 50pz

Come si vede dai risultati, gli obiettivi a livello di Cp e Cpk sono soddisfatti per tutte e tre le dimensioni di controllo. Si nota, però, che l'altezza della guarnizione risulta la dimensione più

critica in quanto i valori degli indicatori sono al limite della conformità: nei successivi studi di capacità sarà riportato soltanto quello relativo all'altezza.

### **5.2.1 Test presso il cliente.**

La guarnizione scelta tra le 50 consegnate è stata, ragionevolmente, quella più critica per il funzionamento del riduttore di pressione nell'obiettivo di impedire perdite durante il passaggio del gas: essa equivale a quella che presenta la cross section più piccola e il diametro interno più grande (nelle tabelle sopra corrisponde alla n° 9).

Dopo aver installato la guarnizione all'interno dell'alloggiamento per mezzo degli strumenti presentati al par. 3.3, essa è stata testata all'interno di un sistema di pressurizzazione, sottoponendo la guarnizione a pressioni che entrano nel range di 0,1-260 bar, corrispondenti alla pressione rispettivamente di entrata ed uscita.

Dal test si evincono perdite quando la pressione viene scaricata, ma le cause sono di difficile attribuzione. Le ipotesi sono:

- Eventuali attriti;
- Moto relativo tra guarnizione e pistone, data la presenza di un ticchettio intenso.

I test che effettuati vanno molto al di là del limite legale di utilizzo posto a 15 milioni di cicli: il cliente testa le guarnizioni anche fino a 25 milioni di cicli per aver maggior grado di confidenza della sicurezza di funzionamento.

### **5.3 Analisi performance lotto 450 pezzi**

La realizzazione di una produzione corrispondente ad una numerosità di piccola serie ha messo in risalto quei problemi ed anomalie che - per quantità esigue come quella precedente ed equivalenti ad un consumo molto inferiore a quello di una barra da due metri di PTFE - non si erano manifestate.

Di seguito vengono innanzitutto riportati i risultati dello studio statistico relativo all'altezza della guarnizione.

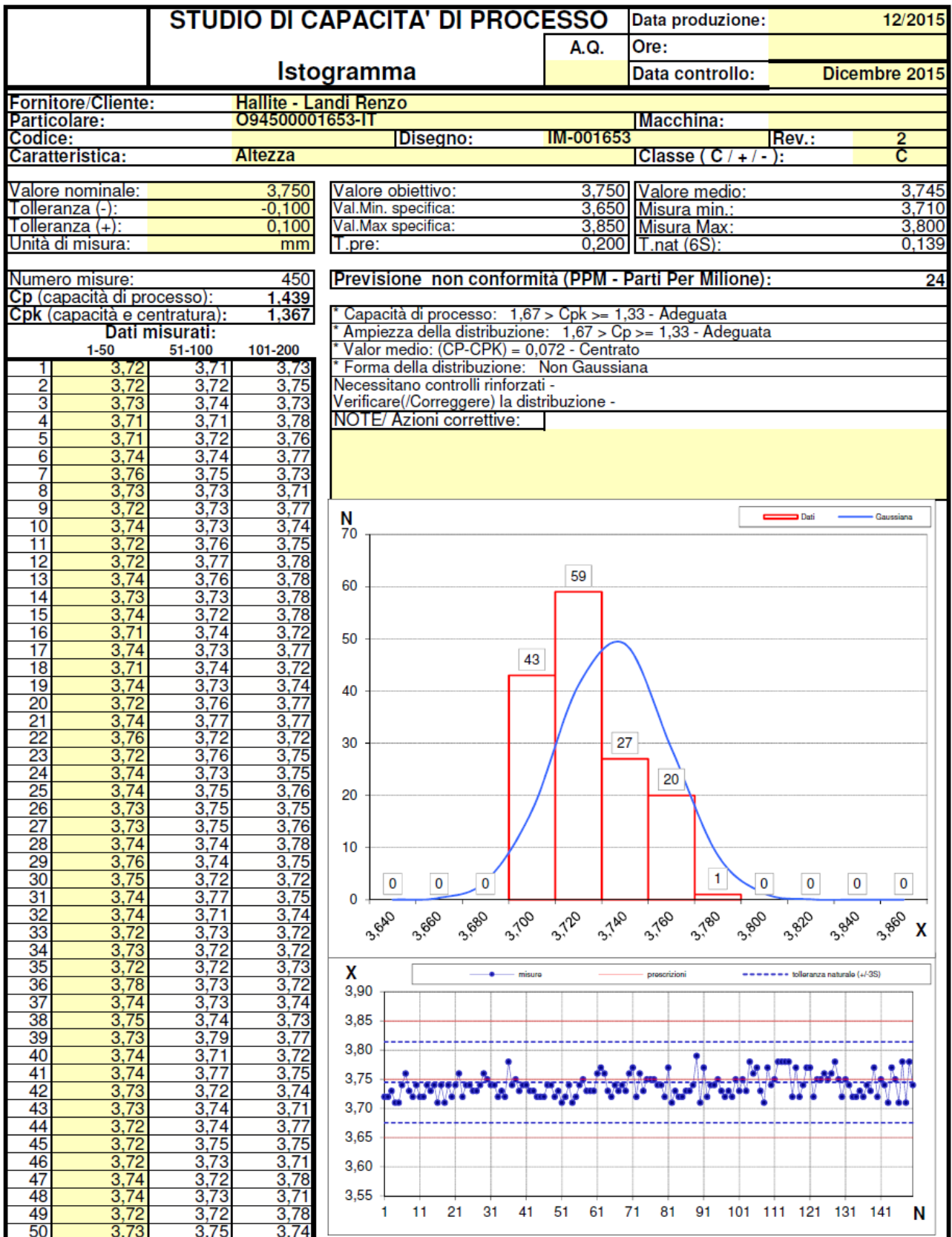


Tabella 22: Studio statistico altezza 450 pezzi

Come si nota in tabella, gli indicatori di capacità del processo non vengono soddisfatti pur essendo il processo stabile.

### 5.3.1 Analisi difetti

Lunghezza barra [cm]	N° barra	N° pezzi realizzati	N° pezzi conformi	N° NC	% NC	
61,15	1	111	106	5	0,045045	
100	2	188	179	9	0,047872	
100	3	188	156	32	0,170213	
100	4	188	9	179	0,952128	<b>Nota:</b> le NC comprendono anche quelle del set-up

Tabella 23: NC 450 pezzi

Nella tabella sopra sono evidenziate le non conformità riscontrate e relative percentuali rispetto ad ogni barra di partenza. Si noti che la lunghezza delle barre equivale ad 1 metro anziché due per tal produzione di pre-serie (come anche quella relativa ai 50pz). Per quanto riguarda la prima barra, essa era già disponibile al mandrino per esser lavorata e la sua lunghezza è derivata per differenza.

Tipologia NC	Bava labbro interno (BLI)	Bava sul taglio (BT)			N° tot NC	N°BLI+BT
		Scalino	Altro			
N° barra		N° NC				
1	2	4	0	6	1	
2	4	7	0	12	4	
3	12	30	0	47	10	
4	74	63	35	190	30	

Tabella 24: Tipologie NC 450 pezzi

I difetti esposti nella tabella vengono raffigurati di sotto. Per “bava” s’ intende una protuberanza filiforme di materiale che, in base all’operazione a causa della quale è provocata, si presenta all’interno della cava o sulla superficie inferiore. Lo “scalino” invece è inteso come una scanalatura del profilo esterno.

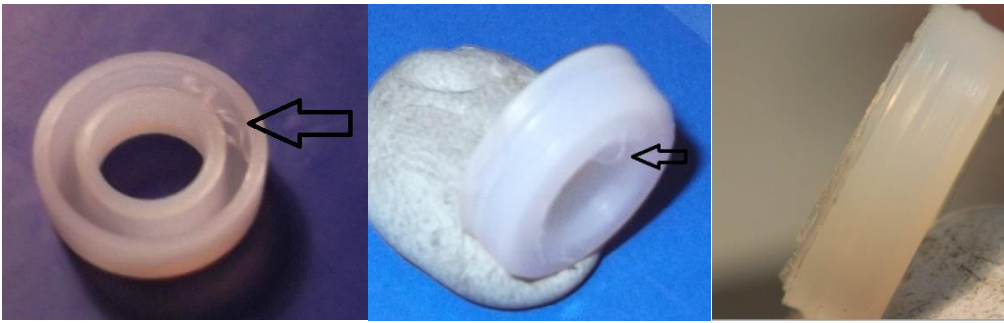


Figura 52: Bava cava, taglio e scalino

Di sotto, in Tabella 25, relativamente al difetto “scalino”, sono evidenziate le misurazioni relative alla differenza di altezza tra uno o, in qualche caso, più scanalature presenti, rilevate attraverso calibro digitale centesimale.

N°	H max	H media	H min	D	Dati statistici	
1	3,71		3,44	0,27	media Hmin	3,436857
2	3,63		3,46	0,17	moda	3,44
3	3,69		3,48	0,21	varianza Hmin	0,00431
4	3,74	3,53	3,37	0,37	varianza D	0,006465
5	3,74	3,63	3,34	0,4	media D	0,254857
6	3,64		3,53	0,11		
7	3,63		3,44	0,19		
8	3,64		3,44	0,2		
9	3,63		3,44	0,19		
10	3,69		3,41	0,28		
11	3,65		3,43	0,22		
12	3,64	3,5	3,4	0,24		
13	3,71	3,63	3,44	0,27		
14	3,6		3,41	0,19		
15	3,64	3,53	3,44	0,2		
16	3,68		3,46	0,22		
17	3,69		3,45	0,24		
18	3,74	3,61	3,3	0,44		

<b>19</b>	3,75	3,43	3,33	0,42
<b>20</b>	3,68		3,41	0,27
<b>21</b>	3,65	3,62	3,43	0,22
<b>22</b>	3,66		3,39	0,27
<b>23</b>	3,74	3,64	3,52	0,22
<b>24</b>	3,69	3,65	3,44	0,25
<b>25</b>	3,69	3,64	3,5	0,19
<b>26</b>	3,77	3,64	3,53	0,24
<b>27</b>	3,73		3,49	0,24
<b>28</b>	3,74	3,64	3,44	0,3
<b>29</b>	3,71	3,5	3,43	0,28
<b>30</b>	3,74	3,64	3,54	0,2
<b>31</b>	3,83	3,68	3,46	0,37
<b>32</b>	3,68	3,46	3,24	0,44
<b>33</b>	3,69		3,44	0,25
<b>34</b>	3,67		3,54	0,13
<b>35</b>	3,7		3,48	0,22

**Tabella 25: Caratteristiche scalini**

Il grafico a torta, infine, mette in risalto la quantificazione dell'incidenza dei difetti principali: in particolare si può notare un comportamento che si avvicina a quello paretiano. Si vede infatti che quasi l'80% di non conformità sono causate da due difetti soltanto, su circa 10 in totale considerando quelli più rari inseriti sotto la voce "altro" (si tratta di diverse tipologie di macchie, diversi tipi di non conformità dimensionali gravi, materiali rigato sul profilo di taglio e interno).

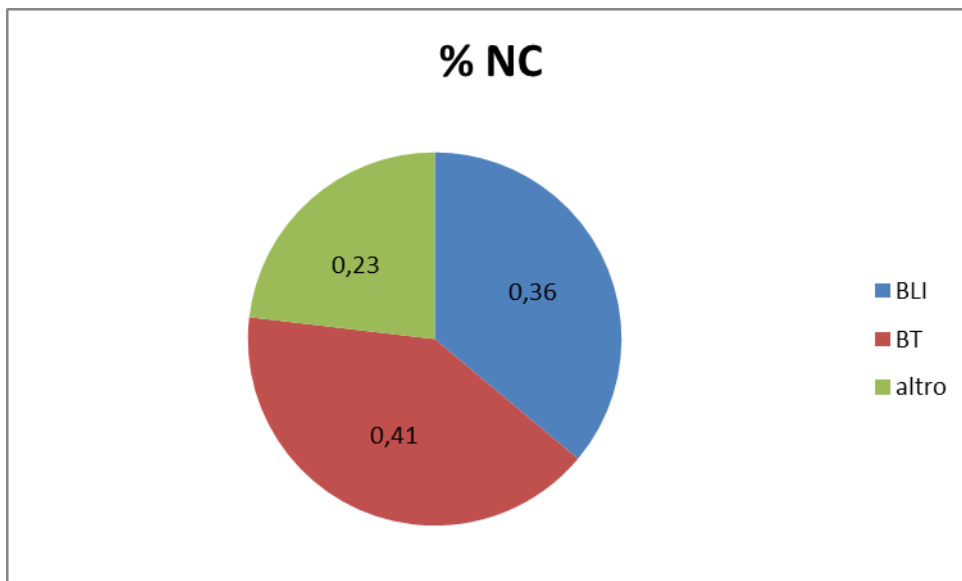


Tabella 26: Grafico ripartizione NC

### Considerazioni sul tipo di NC

- Si evidenzia un maggior numero di bave sul labbro interno nella quarta barra, comportamento inverso rispetto a quelli precedenti dove le bave sul taglio erano sempre in numero nettamente maggiore;
- Soltanto nella quarta barra:
  - si evidenziano comportamenti “a scalino” del profilo esterno, condensati gran parte nei pezzi analizzati inizialmente dal tutor Razzauti (21 su 53, cioè il 60% sul 29,6% del totale, contro i 14 sui 126 verificati da me stesso);
  - Non si evidenziano particolari correlazioni tra presenza di scalino e presenza di altri tipi di non conformità;
  - Nella maggior parte dei pezzi abbiamo 3 “livelli di scalino”;
  - Si evidenziano bave sul labbro interno (sulla cava) molto più evidenti rispetto alle prime tre barre: ciò può esser dovuto all’usura dell’utensile speciale per cava molla e quindi relazione con la vita utile. Le bave sul taglio, invece, son sempre della stessa entità;
  - Le macchie bianche dovrebbero esser impurità di lavorazione infiltrate all’interno del PTFE;
  - Le NC dovute al taglio (BT) in percentuale diminuiscono mentre all’opposto si comportano le NC dovute all’utensile speciale per cava molla (cioè BLI);
  - L’utensile speciale per cava molla (le BLI), preso singolarmente, è responsabile di 49 NC nel quarto lotto. Quindi le restanti  $74-49=25$  son causate da almeno un altro

tipo di NC oltre a BLI;

Da tali considerazioni, le criticità che ne possono derivare possono essere:

- Vita utile utensile speciale per cava molla dipende dall' obiettivo di NC a livello di lotto: si ottiene che l'incidenza delle NC causate dall'utensile speciale molla è circa il 6% per i primi 441 pezzi (106+179+156, vale a dire quasi tutti quelli della Richiesta d'Offerta di LR), equivalenti a 2,35 barre (441/188).

Lo scalino può esser causato da:

- Vibrazioni della barra durante l'intestatura, facendo spostare verso avanti la barra e quindi asportare più truciolo all'utensile. In base all' ampiezza di tal vibrazione si ottiene un'asportazione più o meno maggiore. Può esser una spiegazione che evidenzia l' aleatorietà del fenomeno;
- Vibrazioni barra durante sgrossatura esterna (ipotesi più probabile della precedente) e/o battuta della barra leggermente più in basso rispetto allo 0 utensile, anche se in questo caso anche le altre lavorazione avrebbero dovuto generare un profilo distorto (cosa non analizzata, ma probabile).

L' ipotesi delle vibrazioni viene inizialmente accantonata data la sua natura aleatoria e quindi una strada molto difficile da percorrere visti i problemi riscontrati soprattutto sull'ultima barra e non aleatori sull'intero lotto.

Nel caso, invece, di errori di allineamento della battuta, essi vengono esclusi in quanto si tratterebbe al limite di errori assoluti, mentre relativamente al posizionamento dello 0 utensile rispetto allo 0 pezzo non vengono riscontrati errori poiché si sarebbero dovute riscontrate non conformità relative alle dimensioni di controllo. Infatti, misurando a calibro sezioni ed altezze diametralmente opposte non si rilevano differenze.

Osservazione. Il limite dell'utilizzo del calibro digitale centesimale per le verifiche dimensionali dipende in buona parte dalla sensibilità dell'operatore. Il PTFE, deformandosi anche a leggere compressioni tra la morsa del calibro, può dar misure (dati rilevati sull'altezza, mentre il diametro interno è molto più attendibile) che variano anche di 2 decimi di mm. L'utilizzo del comparatore, invece, rileva sistematicamente un valore maggiore come altezza della guarnizione poiché i punti di contatto tra la testina e la base d'appoggio del comparatore stesso sono quelli più lontani e, può misurare anche valori oltre limite di specifica in caso di leggere asimmetrie.

Il lavoro successivo, alla luce di quanto emerso in tale paragrafo, è quello dell'analisi delle cause profonde per attuare uno studio più globale, di sistema, partendo dai risultati puntuali e sintetici



ottenuti.

### 5.3.2 Root cause analysis

L'obiettivo della root cause analysis è la ricerca della cause radice relativamente alla presenza del tipo di non conformità “bave sulla cava e sul taglio” e “profilo a scalino” della guarnizione in PTFE TFM.

Tale strumento può servirsi del modello di rappresentazione tramite diagramma di Ishikawa (o a “lisca di pesce”) il quale analizza le cause del problema considerando le 5M (material, method, man, machines, measurement) in prima approssimazione, poi approfondire considerando sempre livelli di dettaglio maggiori secondo una logica induttiva.

Le cause possono essere anche analizzate per categorie tramite diagrammi causa-effetto e utilizzando lo schema mentale dei 5W.

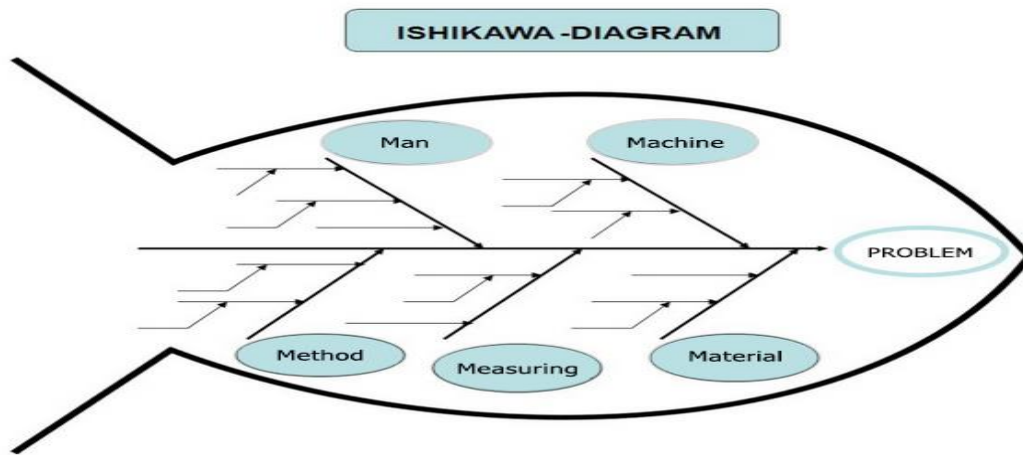


Figura 53: Diagramma a "lisca di pesce"

#### Material

PTFE G500 TFM 1600

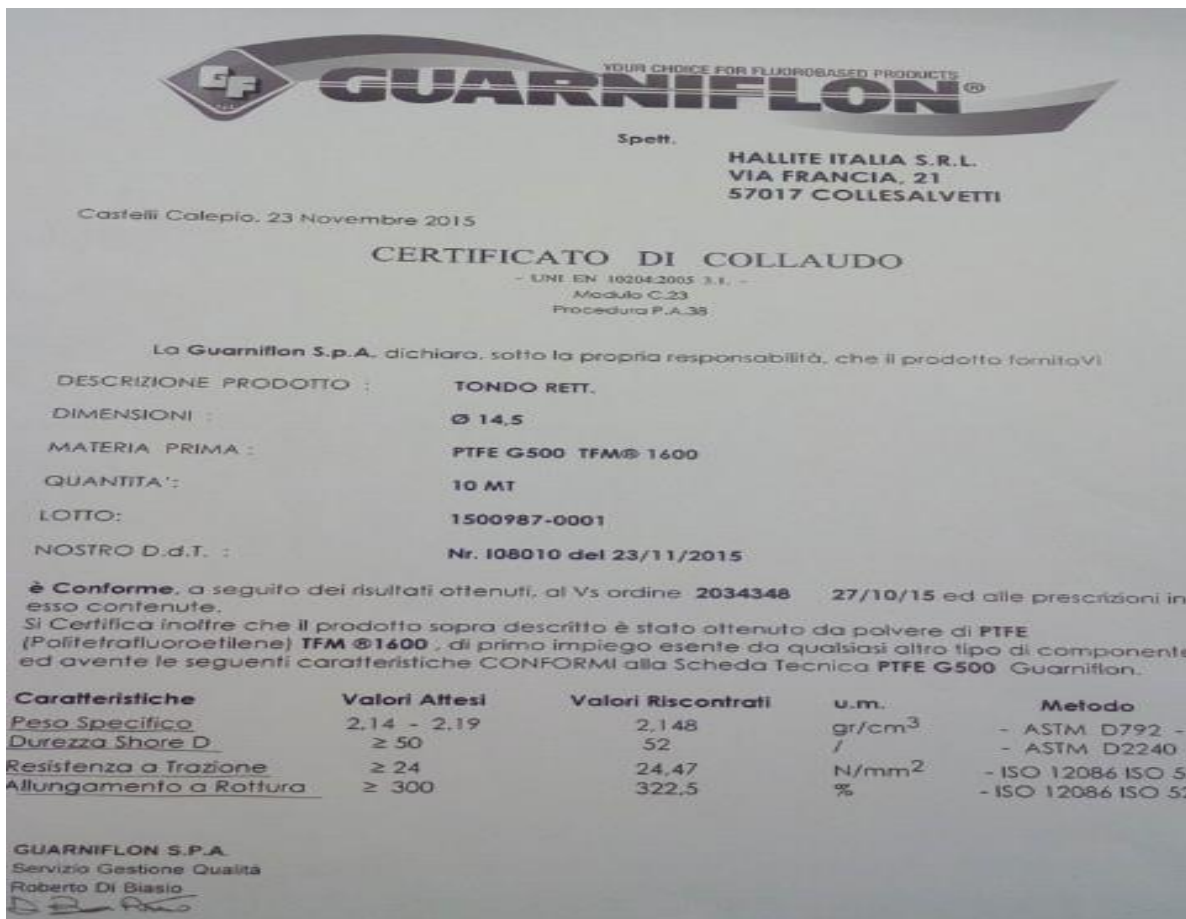


Figura 54: Certificato di collaudo Guarniflon®

L'analisi del materiale è già stata trattata al par.3.1.1 . Relativamente a ciò che il ramo “material” del diagramma può esser di interesse riguarda i valori massimi ed andamento della temperatura durante il tempo in cui il tornio CNC è in funzione. Per far ciò, occorrerebbe installare uno strumento di misura idoneo all'ambiente di lavoro. Occorre, inoltre, considerare che non è previsto l'uso di alcun refrigerante per la TCN32.

### Machine: utensili da tornio CNC

- Utensile speciale per cava

Questo utensile è responsabile della formazione di bave sulla cava. Queste bave son principalmente collocate sulla superficie in corrispondenza dell'altezza del dente della cava. L'azione correttiva iniziale ed istintiva ideata da due operatori CNC era stata quella di far compiere due passate all'utensile all'interno della cava: d'altra parte, nel reinserimento, vi è la possibilità di rovinare la superficie appena lavorata e ciò, infatti, può esser anche evidenza di alcune sporadiche bave che si son trovate sulla parete interna ma della superficie esterna del jacket.

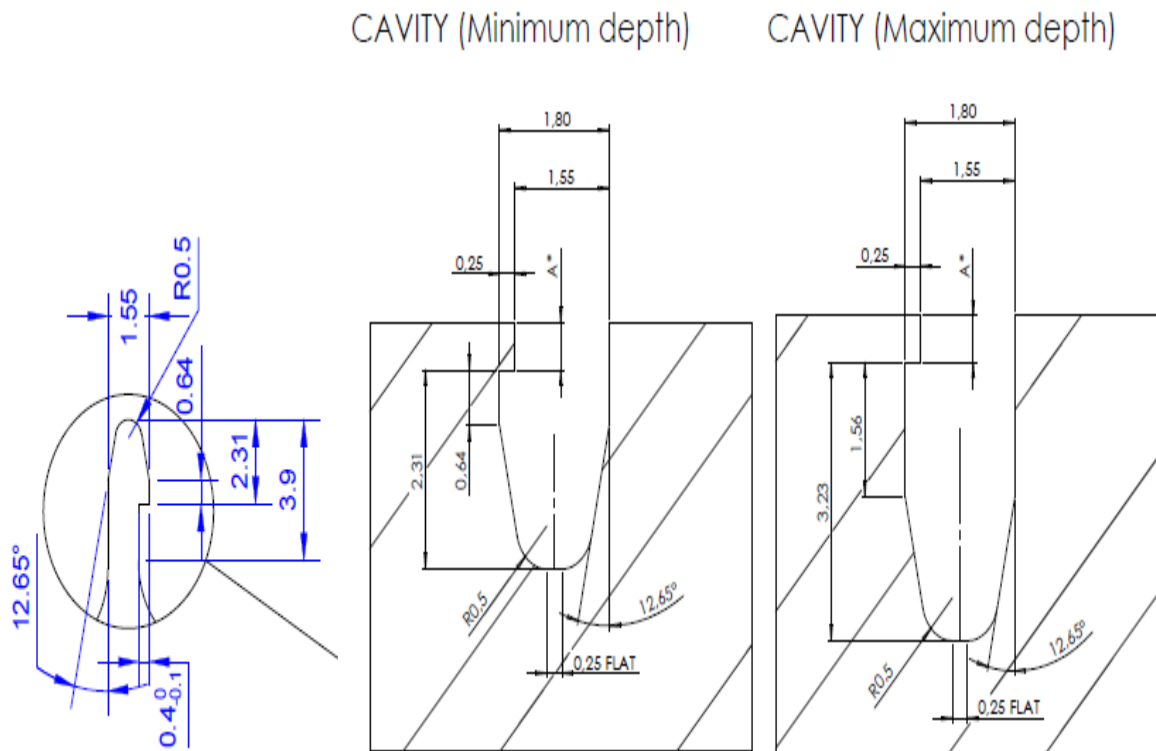


Figura 55: Utensile speciale per cava molla

L'asportazione del truciolo avviene "per spinta", vale a dire il truciolo viene asportato durante l'inserimento: la superficie soggetta al non distacco del truciolo viene lavorata per la prima volta in entrata ed uscita dell'utensile e, per la seconda volta, nella seconda entrata (di 2.500) ed uscita (vedere programma). In totale quella superficie viene passata per 4 volte. Nonostante il rischio di rovinare la superficie per i motivi suddetti, il truciolo rimane attaccato per 74 volte nella quarta barra (comunque un andamento crescente all'aumentare dei lotti). Visto il profilo dell'utensile, risulta che la parte implicata all'asportazione del truciolo sia il tratto piano di lunghezza 0.64 come si vede in figura sopra. Infatti, il vertice relativo a questo tratto considerato non risulta arrotondato o usurato, indice del fatto che lo sforzo di trazione è effettuato da tutto il profilo di 0.64 per l'asportazione del truciolo. Quello che, quindi, ci si aspetta da una misurazione del dente dell'utensile è una sua diminuzione per usura, influenzando perciò sul valore 0.4 visualizzabile in figura sopra.

- Utensile di taglio: lama

Dal programma si vede che l'utensile scende a tagliare fino al diametro 4.500: ciò significa che la penetrazione all'interno del materiale avviene fino in corrispondenza del foro interno. Visualizzando le non conformità di taglio si nota come se ci fosse un "affondamento" dell'utensile del materiale: dove il difetto è molto evidente, avrà inciso maggiormente l'usura dell'utensile poiché esse si notano maggiormente nell'ultimo lotto (dove l'utensile sarà presumibilmente più

usurato); ove il difetto è marginale e meno evidente avranno inciso maggiormente le aleatorie vibrazioni della barra.

## Machine

- Tornio CNC
  - o Non prevede sistema di refrigerazione;
  - o Utilizza pompette per evacuazione trucioli ed immagazzinamento jacket in scatola temporanea;
  - o Si notano delle violente oscillazioni nella parte di barra di PTFE compresa tra spingi-barra e TCN32: si tratta di una zona in cui la barra non è sostenuta da alcun componente/attrezzo, anche se apparentemente non sembra che ciò influisca negativamente sulla stabilità nella parte di barra, in corrispondenza del mandrino, che deve esser nello stesso momento lavorata.

## Method:

```
MSG (" SPIANATURA E TORNITURA ESTERNA ")
GO X0.000 X16.000
G1 F0.1 X-0.50
X12.320
Z-0.200
X11.880 Z-1.210
G3 Z-1.950 X11.840 CR=0.61
G1 Z-3.400
X11.220 Z-3.900
Z-4.500
GO X16.000
Z10

MSG (" FRESA - SGROSSATURA INTERNA ")
GO X0.000
Z2.000
G1 F0.08 Z-5.000
GO Z2.000
X2.000
G1 F0.300 Z-5.000
GO Z10

MSG (" BARENO ")
GO X8.500
Z1.000
G1 F0.10 Z-0.07
X6.63
G2 Z-1.10 X6.04 CR=0.65
Z-1.72 X5.83 CR=0.56
G1 Z-2.500 X6.150
Z-3.500
Z-3.900 X6.760
Z-4.500
GO X5.000
Z10

MSG (" SPECIALE MOLLA ")
GO X7.700
Z1.000
G1 F0.05 Z-2.890
X7.190
Z0.2
X7.700
Z1.000
Z-2.500
Z0.100
GO Z10

MSG (" TAGLIO ")
GO X13.000
Z-3.750
G1 F0.08 X4.50
GO X33.000
Z10
```

*Handwritten notes:*  
arrivo in rapido (uso a Z1)  
→ come uno a 2.89  
→ scenda (p. pie e dentura) (do in bar)  
→ a valle  
→ scendo → faccio una seconda passata (o)  
→ usco

Figura 56: Programma di lavorazione per asportazione di truciolo

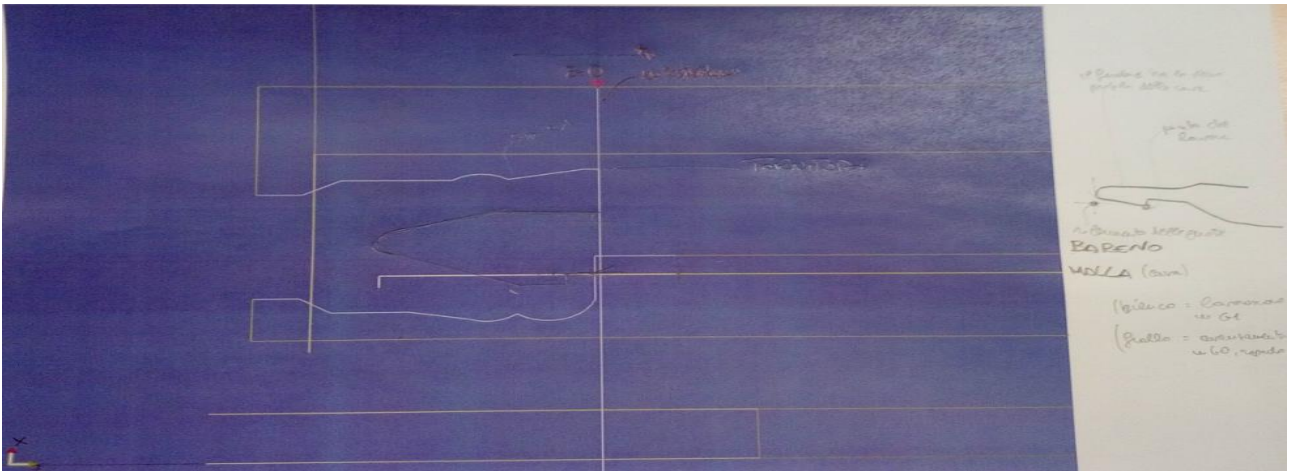


Figura 57: Simulazione della traiettorie dell'utensile speciale cava molla

### 5.3.3 Sintesi delle cause di NC riscontrate

In Tabella 27 sono riassunte le cause di NC riscontrate e le relative azioni correttive implementate.

Cause di non conformità	Azioni correttive
<p>Vibrazioni aleatorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarebbe, però, trasversale rispetto all'andamento del numero delle NC riscontrato</li> </ul>	<p>Implementare un riduttore per la zona d'interfaccia vuota tra spingi-barra e TCN32 poiché può esser fonte di generazione di vibrazioni nella zona di asportazione di truciolo;</p>
<p>Usura di porzioni particolari degli utensili</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utensile speciale per realizzazione cava della molla</li> <li>- Utensile per taglio della guarnizione dalla barra da cui è ricavata</li> </ul>	<p>Confrontare il profilo degli utensili vecchi su citati con i corrispondenti nuovi all'aumentare delle barre lavorate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avere una stima migliore sul labbro di usura degli utensili e quindi su quando deve esser effettuata la sostituzione</li> <li>- Sostituzione lama da taglio con utensile troncatore</li> <li>- Rotazione utensile speciale per molla di 180° (notifica al fornitore per modifica bussola di supporto utensile)</li> </ul>

<p>Innalzamento temperatura di funzionamento</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficoltà rottura truciolo, maggior deformabilità (già a 140°C) <ul style="list-style-type: none"> <li>o Formazione di agglomerati di trucioli in corrispondenza di zone critiche di lavorazione durante la tornitura.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Prevedere presidio del processo di tornitura per evitare formazione d'agglomerati di trucioli</p>
--	--

Tabella 27: Cause NC e AC

## 5.4 Analisi capacità produttiva

In base alle performance riscontrate nel flusso di processo di realizzazione di 450pezzi viene di seguito analizzata la capacità produttiva con l'obiettivo di valutare i tempi e le cadenze di ogni sotto-processo.

### Cadenza TCN32

Caratteristiche	Valori
<b>Lunghezza barra</b>	2000mm
<b>Altezza guarnizione</b>	3,75mm
<b>Truciolo asportato stimato nella intestatura</b>	1,25mm
<b>Barra consumata per prodotto</b>	5mm (3,75 + 1,25)
<b>Lunghezza media spezzone barra non lavorabile</b>	5,65mm
<b>Produttività barra</b>	$(2000 - 5,65) / 5 = 398\text{pz}/\text{barra}$
<b>Tempo ciclo (escluso <math>T_{\text{set-up}}</math>)</b>	30secondi
<b>Cadenza oraria</b>	120 pz
<b>Tempo di lavorazione barra</b>	3h 20 minuti

Tabella 28: Cadenza TCN32

Osservazioni:

- Considerando anche il tempo di set-up con un valore di circa 20 minuti si ottiene che per la lavorazione di una barra intera è sufficiente un turno lavorativo di 4 ore;
- Poiché la quantità da realizzare per i prossimi lotti è 500pz, occorrono almeno due barre e quindi 2 turni lavorativi

- Essendoci asimmetria tra lotto ordinato e quello di produzione (strettamente correlato alla lunghezza della barra) è evidente che, a meno di ingente numerosità di scarti nelle fasi di set-up e start-up, la quantità prodotta sarà in eccedenza però disponibile per l'ordine successivo. In tal caso, però, occorre evitare errori di identificazione e rintracciabilità della barra da cui deriva la produzione.

### Cadenza buratto

È un valore già stimato a monte in base alla capacità di eliminazione bave: 1000pz/h

### Cadenza montaggio molle

Caratteristiche	Valori
<b>Tempo di set-up alloggiamento componenti</b>	5 secondi
<b>Tempi morti medi tra un montaggio e l'altro</b>	5 secondi
<b>Tempo operativo*</b>	5 secondi
<b>Tempo ciclo</b>	15 secondi
<b>Cadenza oraria</b>	240pz
<b>Cadenza oraria effettiva stimata**</b>	120pz

Tabella 29: Cadenza puntatrice

\* per tempo operativo s'intende il tempo impiegato dall'operatore per premere pedale per abbassamento tool superiore + prelevamento prodotto finito.

\*\* si considera il fatto che l'operatore si ferma per durante la fase per ovvi motivi.

### Tempo validazione finale

Tale sotto-processo consta nelle seguenti attività:

- tempo di ispezione finale dei parametri di controllo (sezione, altezza e diametro interno) fatta col calibro centesimale digitale (a campione casuale);
- tempo di analisi capability di processo (Cp e Cpk);
- validazione a 100% fatta dalla SAMET attraverso risorse specializzate.

La stima su tale sotto-processo non si può basare ancora su dati reali visto che ancora, essendo in una situazione di pre-serie, non è stato ancora effettivamente implementato. La consapevolezza è però data dal fatto che esso non costituisce una criticità in quanto l'ordine di grandezza del tempo necessario è minore rispetto alla realizzazione del lotto. Il valore immesso in tabella sotto è relativo all'intero lotto di ordinazione di LR.

Fase	Tornitura jacket su TCN 32	Burattatura jacket	Montaggio molle	Validazione finale
------	----------------------------	--------------------	-----------------	--------------------

<b>Cadenza oraria</b>	120 pz	1000 pz	120 pz	2 giorni
-----------------------	--------	---------	--------	----------

## 5.5 Risultati audit di processo cliente presso Hallite

Come già accennato nell'introduzione, il cliente LR ha effettuato un processo di audit presso Hallite Italia in occasione della produzione di nuovi 500pezzi a completamento del lotto di ordinazione di tutta la fase di pre-serie di 1000pezzi. Durante tutta la giornata l'attenzione si è maggiormente focalizzata sui sotto-processi più importanti ed a maggior valore aggiunto, vale a dire la tornitura jacket e installazione della molla in cava.

Di seguito vengono riassunti i risultati del rapporto di audit.

Istanza	Modifica
<b>Disegni ed istruzioni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicare il nome esatto del materiale sul disegno;</li> <li>- Convertire unità di misura del disegno molla da pollici a mm;</li> <li>- Misurare la concentricità durante controllo setup alla macchina ottica;</li> <li>- Ridurre scostamenti di tolleranza della sezione del jacket.</li> </ul>
<b>Imballaggio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Idea blister</u>: si tratta di una piastra termoformata in cui ci son gli alloggiamenti del nostro prodotto. Il problema è che attira sporczia: effettuare uno studio di contaminazione, cioè vedere se il TFM è caricabile elettro-staticamente (magari attraverso gli attriti durante la tornitura) e quindi attira sporczia (prevalentemente di origine ferrosa).</li> <li>- In via provvisoria: realizzare una cassetta per storage jacket apposita (problema di sporczia riscontrato dovuto alle produzioni precedenti, come quella del PTFE bronzo).</li> </ul>



<p><b>Control plan</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inserire una colonna nella sezione “characteristics” anche le caratteristiche di processo anziché solo di prodotto (banalmente un “codice tornitura” nella fase del setup);</li> <li>- Dettagliare maggiormente la fase 5 n°2;</li> <li>- Inserire la motivazione della segregazione nella casella “segregazione pezzi”;</li> <li>- Misurare a bordo macchina il profilo esterno del jacket poiché la configurazione risulta più stabile e, successivamente, controllare l’andamento del profilo alla macchina ottica come da istruzione;</li> <li>- Realizzare <u>una scheda di manutenzione dei tools di installazione molle</u> (verificare periodicamente lo stato superficiale per valutarne l’usura, specialmente delle superfici costituendo le guide);</li> <li>- <u>Controllo in accettazione degli utensili</u>: controllo documentazione in ingresso;</li> <li>- Controllo barre e molle in accettazione è attuato secondo il certificato 3.1;</li> <li>- Documentazione molle in ingresso.</li> </ul>
<p><b>PFMEA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerare l’errato posizionamento dovuto al serraggio degli utensili al tornio (punto 5) che infatti ha comportato i resi al fornitore ;</li> <li>- Punto 11: aggiungere problema doppia molla, anche se risulterebbe un RPN molto basso.</li> </ul>

### Considerazioni di processo

Variabili ambientali: quello che interferisce maggiormente sono le basse temperature per il PTFE per ovvi motivi di creazione di maggior rigidità, fragilità e quindi più facilità di formazione di crepe.

Il caso presentato da LR è stato quello della formazione di una crepa sulla superficie interna del profilo esterno dovuto molto probabilmente alla temperatura molto bassa di regime in un contesto di circa -20°C, formatasi dopo 3000km di funzionamento del veicolo.

Calcolo dilatazione del PTFE (che è standard) così da risolvere il problema dello scostamento dalle misure nominali dovuto all’elasticità: ciò può avvenire attraverso un “formatore” e/o con un collaudo inteso come montaggio della guarnizione nel riduttore.

Miglioramento pulizia tramite lavaggio a ultrasuoni: esso avviene all’ interno di un macchinario

piccolo e quindi poco spazio occupato. Ciò magari da fare su un campione dei 500 pezzi.

Generalizzazione il concetto di “bava”: si allarga la concezione di tale difetto concependolo come una qualsiasi impurità, corpo estraneo che genera inquinamento del pezzo dovuto anche all’inserimento della molla, potenzialmente causato dalla pressione sulla superficie esterna creando potenzialmente difetti interni che, come visto in condizioni ambientali critiche, genera crepe.

Attrezzature di taglio sezione del jacket per rilievi alla macchina ottica: è di difficile decisione stabilire in che modo tale taglio, che avviene manualmente attraverso una semplice lama, possa influenzare le misure effettivamente in output dalla tornitura. Si evincono, comunque, dei profili che presentano delle piccole bavette in corrispondenza delle estremità del jacket dove avviene il definitivo distacco della sezione tagliata dal resto della guarnizione. Sarebbe opportuno rivedere tale operazione cercando di studiare un metodo maggiormente robusto ed efficace.

Problema doppia molla: studiare un sistema robusto per evitare che l’operatore, dopo centinaia di installazioni fatte semi-automaticamente, non installi due molle all’interno del jacket. La possibilità di tale andamento dell’operazione esiste anche se, presumibilmente, si tratterebbe di un difetto oltretutto di importanza marginale e non di una non conformità.

## **6 Capitolo 6. Definizione flusso di processo TO-BE**

---

In relazione alle evidenze oggettive riscontrate nel flusso di processo sia direttamente sia in occasione dell’audit di processo, il lavoro successivo è stato quello di definire in maniera più dettagliata, trasparente e completa tutti i processi, apportando le modifiche fattibili, nell’ottica di implementare azioni correttive in primis e successivamente di intraprendere azioni che portassero a miglioramento ed ottimizzazione.

La logica utilizzata per apportare le modifiche necessarie per raggiungere tal scopo è stata di tipo induttivo, vale a dire andare ad indagare preventivamente il processo a livello di singole istruzioni operative fino giungere ad una visione più globale dell’intero flusso di processo.

### **6.1 Revisione e modifica tornitura jacket**

Considerando quello che è stato valutato come un episodio eccezionale la lavorazione della quarta ed ultima barra durante la produzione dei 450 pezzi, l’attenzione è stata inizialmente posta sulla realizzazione di un rapporto di non conformità da inviare alla SAMET S.r.l per l’effettuazione

dell'ultimo step di validazione finale di cui discusso precedentemente. La quarta barra ha avuto comunque un ruolo predominante sia a livello di possibili non conformità ottenibili dalla tornitura del jacket sia un'ottima *lesson learned* in primis per gli operatori ed in secundis ai responsabili. Di seguito vengono riportate tutte le tipologie di non conformità che gli operatori specializzati devono rilevare servendosi della strumentazione approvata da Hallite Italia (microscopio stereoscopico binoculare).

**Difetto n°1: Bava sulla superficie di taglio**

Descrizione: bava sulla superficie di taglio

Aspetto: materiale parzialmente distaccato rispetto la superficie nominale del prodotto.

Esempi di difetto



superficie di taglio

**Difetto n°2: Bava sulla cava**

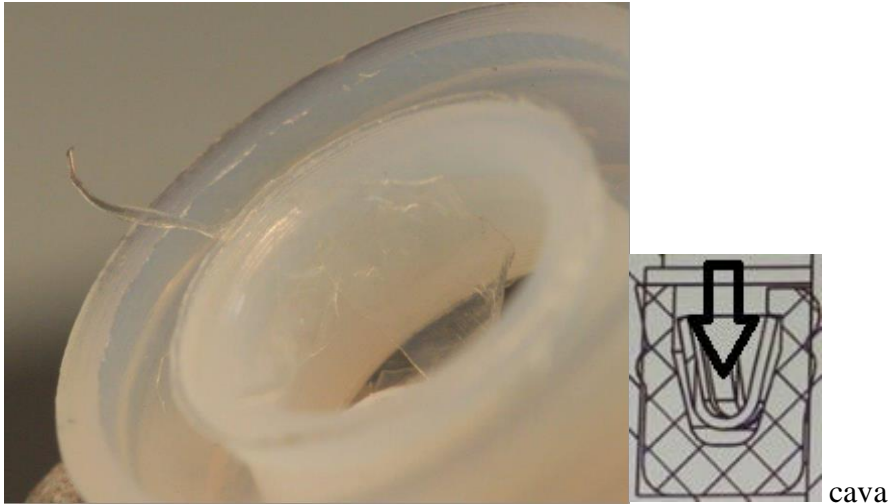
Descrizione: bava sulla cava.

Aspetto: filamenti di materiale all'interno della cava in due diverse configurazioni:

“a filo”, vale a dire un filamento con andamento casuale

“sulla cava”, vale a dire un filamento o parti di esso rimaste attaccate al labbro interno della cava

Esempi di difetto

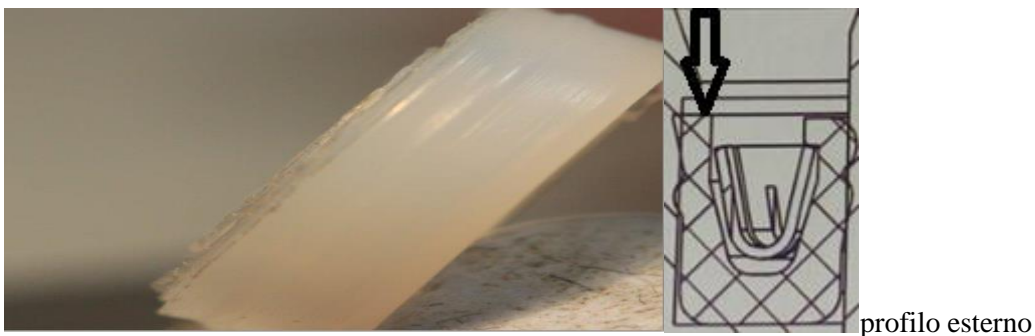


**Difetto n°3: Profilo esterno con andamento “a scalino”**

Descrizione: profilo esterno con andamento “a scalino”.

Aspetto: scanalature in corrispondenza del profilo esterno. Possono esser rilevate 2 o 3 altezze in base a quante scanalature son presenti.

Esempi di difetto



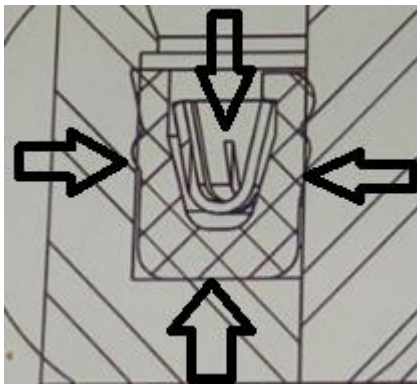
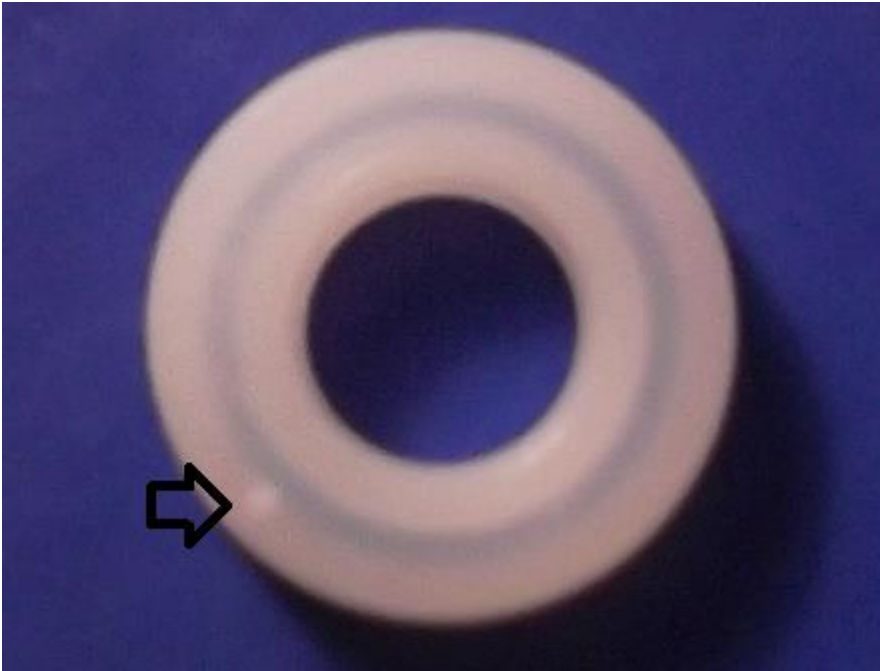
**Difetto n°4: inclusioni di materiale**

Descrizione: inclusioni materiale

Aspetto: punti bianchi, marroni o neri probabilmente dovuti ad una disomogeneità del materiale.

La loro localizzazione è variabile

Esempio di difetto



tutte le superfici

**Difetto n°5: Profilo interno discontinuo**

Descrizione: superficie interna della cava con porzioni di materiale assenti.

Aspetto: la superficie interna della cava risulta incompleta

Esempi di difetto



profilo interno

**La presenza di tali difetti rendono il prodotto in esame:**

ACCETTABILE

ACCETTABILE  
CON RISERVA

NON  
ACCETTABILE

Tabella 30: Istruzione operativa trattamento non conformità

Oggetto di valutazione è stato, inoltre, quello della possibilità di rendere, per le successive produzioni di serie, il processo di tornitura in forma presidiata considerando, inoltre, l'impatto economico che tale modifica avrebbe apportato.

INPUT			
DATI GENERALI			
Codice particolare	O94500001653-IT		Da imputare
Codice cliente	106082300		Menu tendina
Cliente	LR		Output
Dati Input	Od	Id	H
Materiale	12,32	5,67	3,75
EAU	PTFE-TFM		

	1	2	3	4	5
<b>Lotti</b>	398 pcs	398 pcs	398 pcs	398 pcs	398 pcs
<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Billetta:</b>	Barra 7-14				
	OD	ID	L		
<b>Dimensioni</b>	14	7	2000		
<b>Non standard</b>	14,00	0,00	2000,00		
<b>Materiale Standard</b>	Virgin PTFE	Peso specifico	2,18 g/cmq	Costo/kg	20,50 €/kg
<b>Speciale</b>	TFM	Peso specifico		Costo/kg	
<b>PRODUZIONE</b>					
<b>Produttività stimata</b>	107 pcs/h	Scarto in prod.	0,00 %	T. setup [min]	20 min
<b>Assoluto per lotto</b>	0	0	0		
<b>Taglio con asp.</b>	SI	Val. asportaz. [mm]	1,25 mm		
<b>Controllo</b>	Normale				
<b>Pezzi da controllare</b>	11	11	11		
<b>Speciale</b>					
<b>OUTPUT</b>					
<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Peso biletta</b>	0,50 kg	Costo biletta	40,00 €	Pezzi/biletta	398,00
		Costo tot MOQ	40,00 €		
<b>PRODUZIONE</b>					
<b>Costo macchina</b>	6,67 €/h	Costo operatore	23,76 €/h		
<b>REF: Lotti</b>	398 pcs	398 pcs	398 pcs		
<b>N° barre</b>	1	1	1		
<b>MOQ Barre</b>	1	<= riportare qua il MOQ barre			
<b>TEMPO UOMO</b>					
<b>Setup:</b>	20,00 min	20,00 min	20,00 min		
<b>Cambio barra:</b>	5,00 min	5,00 min	5,00 min		
<b>Controllo:</b>	4,00 min	6,00 min	8,00 min		
<b>T. totale prod. netto</b>	1,99 h	1,99 h	1,99 h		
<b>COSTI</b>					
<b>REF: Lotti</b>	398 pcs	398 pcs	398 pcs		
<b>C.MP</b>	€ 0,1005	€ 0,1005	€ 0,1005		
<b>Incidenza %</b>	52,44%	51,90%	51,37%		
<b>C.MA</b>	€ 0,0623				
<b>Incidenza %</b>	32,51%	32,17%	31,85%		
<b>C.UO</b>	€ 0,0289	€ 0,0308	€ 0,0328		
<b>Incidenza %</b>	15,05%	15,93%	16,78%		
<b>TOTALE (CTu)</b>	€ 0,1917	€ 0,1936	€ 0,1956		

**Tabella 31: Valutazione economica tornitura jacket**

I risultati evidenziano delle differenze trascurabili a livello di costi, la decisione è stata quella di inserire dei controlli di start-up intermedi durante la tornitura così da valutare contemporaneamente la situazione sia a livello dimensionale sia di difettosità. Il responsabile qualità ha ritenuto opportuno conservare questa valutazione in uno stadio successivo dello sviluppo del rapporto con LR, considerando sufficiente attuare un semplice controllo visivo di produzione per verificare l'eventuale presenza di trucioli e, in caso positivo, intervenire. L'obiettivo del controllo è impedire la formazioni di ampi agglomerati di trucioli interposti in corrispondenza di zone critiche di lavorazione come quella del barenò e dell'utensile speciale. Tale controllo, considerata la durata stimata di tutto il processo di tornitura di un turno lavorativo (4h) basta attuare tre controlli visivi intermedi, uno per ogni ora. Ciò costituisce motivo di modifica dell'istruzione operativa e redazione di quella relativa al controllo citato.

Oltre a quanto esposto nel presente paragrafo in materia di modifiche da apportare al sotto-processo in questione, l'istruzione operativa AS-IS è stata riesaminata considerando anche quanto esposto nel Control Plan: si nota che essa non risponde alle specifiche a livello di attività da sottoporre a controllo. Di seguito è esposta la versione aggiornata.

<b>Fase 1</b>	<b>Requisiti necessari per il setup</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Verificare di esser in possesso dei documenti necessari: ordine di produzione, disegno costruttivo del particolare e log benessere produzione.
B	Verificare la presenza nel database programmi dell'articolo richiesto: se il programma non è presente effettuare la programmazione.
C	Verificare l'effettuata validazione della materia prima, come da istruzione ISTR-001.
D	Identificare gli utensili da installare sulla macchina CNC per produrre l'articolo come richiesto da programma.
<b>Fase 2</b>	<b>Procedura di setup</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Procedere al montaggio degli utensili identificati al punto 1-D: relativamente all'utensile speciale per molla, far riferimento all'allegato XXX/00 successivo alle presente istruzione.
B	Caricare e lanciare il programma per <u>un singolo ciclo</u> .
C	Realizzare il ciclo di lavorazione eccetto le fasi di realizzazione della cava.




D	<u>Controllo del profilo esterno:</u> con riferimento al disegno, verificare la corrispondenza tra profilo nominale e profilo reale mediante visualizzazione della sezione macchina ottica. Se il profilo non corrisponde, effettuare modifiche al programma in base alle deviazioni riscontrate fino ad ottenere la corrispondenza.
E	Realizzare la fase di lavorazione “tornitura cava” al primo pezzo conforme ottenuto dopo il controllo di cui al punto 2-D.
F	<u>Controllo del profilo interno:</u> con riferimento al disegno, verificare la corrispondenza tra profilo nominale e profilo reale mediante visualizzazione della sezione alla macchina ottica. Se il profilo non corrisponde, effettuare modifiche al programma in base alle deviazioni riscontrate fino ad ottenere la corrispondenza.
G	Non appena il primo pezzo finito risulti totalmente corrispondente al profilo reale, portare tale pezzo al Quality Inspector per la validazione e concessione del log benessere di produzione.
<b>Fase 3</b>	<b>Controllo start-up</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Caricare e lanciare il programma per <u>4 cicli</u> .
B	<u>Controllo visivo:</u> i particolari non devono presentare irregolarità superficiali, bave o qualsiasi difetto indicato nell’istruzione ISTR XXX.... (trattamento non conformità).
C	<u>Verifica cross section:</u> con riferimento al disegno o al control plan di prodotto, procedere alla misurazione della sezione, in almeno 3 punti disposti a 120°, mediante calibro digitale centesimale cod XXX. Valori fuori tolleranza comportano l’immediato scarto del particolare.
D	<u>Verifica diametro esterno:</u> con riferimento al disegno o al control plan di prodotto, procedere alla misurazione della sezione, in almeno 3 punti disposti a 120°, mediante calibro digitale centesimale cod XXX . Valori fuori tolleranza comportano l’immediato scarto del particolare.
E	<u>Verifica altezza:</u> con riferimento al disegno o al control plan di prodotto, procedere alla misurazione della sezione, in almeno 3 punti disposti a 120°, mediante calibro digitale centesimale cod XXX. Valori fuori tolleranza comportano l’immediato scarto del particolare.

F	Compilare il foglio raccolta dati DOC XXX...
---	--

**Tabella 32: Istruzione operativa tornitura jacket TO-BE**

Relativamente all'utensile speciale per cava molla, servendosi oltretutto del background consolidato dalla realizzazione di anelli anti-estrusione aventi dimensioni simili alla Special Rod Optiseal®, il difetto "profilo discontinuo" è stato risolto grazie al diverso posizionamento dell'utensile stesso, reso possibile da una modifica, notificata al fornitore di utensili da tornio, inerente alla realizzazione di due fresate a 180° sullo stelo dell'utensile ed il conseguente e successivo reso di tutti gli utensili non aventi tale configurazione. A ciò ne è seguita, d'altra parte, l'istruzione relativa al montaggio di tale utensile nell'alloggiamento apposito situato al carro 1.

Responsabilità	CNC Operator
Fase	Descrizione
A	Prelevare dall'apposita locazione la bussola cod. xxxxxx e dell'utensile speciale per cava molla cod. yyyy
B	

C	A fine processo di tornitura compilare il foglio raccolta dati seguente.
---	--

Tabella 33: Istruzione operativa inserimento utensile speciale su carro 1

Considerando, inoltre i dati di par.5.3.1 relativi alla vita utile di tale utensile, è stata realizzato il foglio raccolta dati per il monitoraggio del numero di pezzi realizzati rispetto alla vita utile presunta in base all'esperienza acquisita in tal processo.

Nota preliminare: azzerare il conta-pezzi della TCN ogni volta che parte la produzione di un nuovo lotto per facilitare la compilazione della seguente tabella.

Data	Cod. utensile	Cod. Lotto	N° pezzi prodotti	Cumulativo pezzi prodotti	Necessità sostituzione utensile		Data sostituzione utensile	Cod. Op.	Firma
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			
					SI	NO			

SOSTITUIRE L'UTENSILE NON APPENA LA VOCE "CUMULATIVO PEZZI PRODOTTI" RAGGIUNGE IL VALORE **300**.

Tabella 34: Foglio Raccolta Dati per Utensile Speciale cava molla

Come accennato in precedenza, di sotto segue l'istruzione operativa per il controllo visivo di produzione con annessa anche la parte relativa alla verifica rompi-lotto.

<b>Fase 1</b>	<b>Requisiti in ingresso</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Verificare che la produzione sia avviata.
<b>Fase 2</b>	<b>Controllo produzione</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Verificare la <u>presenza di trucioli interposti tra utensile e pezzo</u> , o comunque che mettono a rischio la conformità dei prodotti, per un numero di volte pari a 3 (una ogni ora) partendo dall'orario di inizio produzione.
B	Compilare il foglio raccolta dati DOC XXX....
<b>Fase 3</b>	<b>Verifica rompi-lotto</b>
<b>Responsabilità</b>	<b>CNC operator</b>
A	Fermare la produzione non appena sul display si evidenzi un numero pari a 4 pezzi rimanenti da produrre.
B	Procedere in base a quanto esplicitato nell'istruzione operativa ISTR XXX... fase 3-B.
C	Compilare il foglio raccolta dati DOC XXX....

Tabella 35: Istruzione operativa controllo visivo di produzione jacket

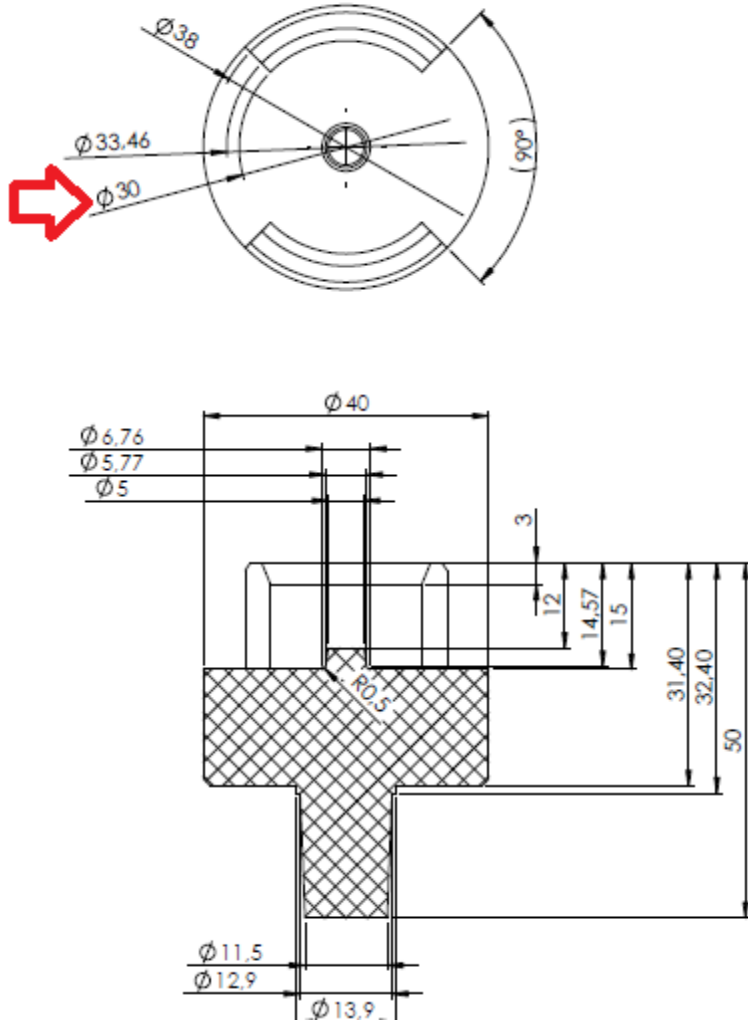
### 6.1.1 Analisi non conformità per i 500 pezzi entro fine marzo

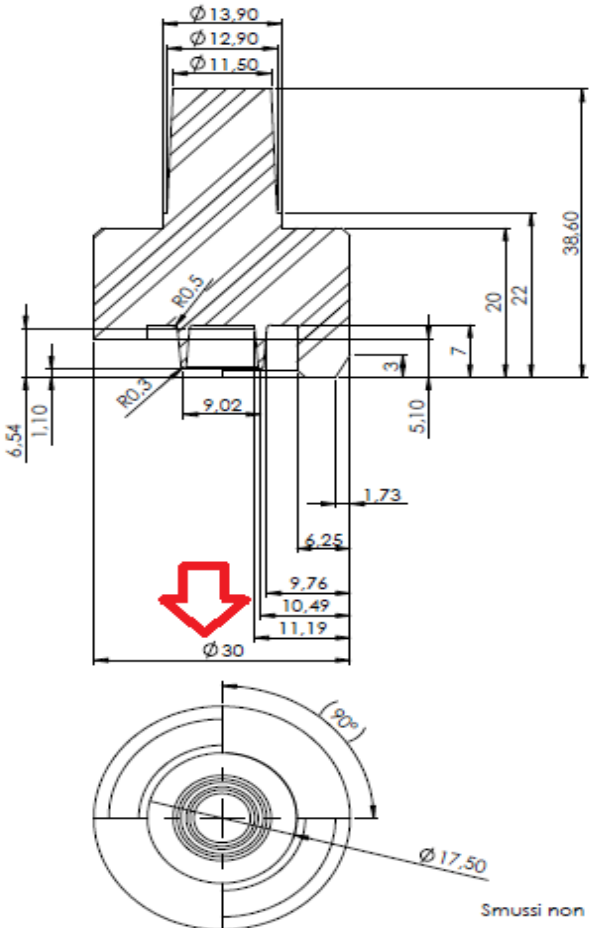
Come conseguenza all'acquisto dell'utensile speciale per cava molla con la modifica apportata, è stata approvvigionata la bussola porta-utensile dalla CHI-AMO S.r.l con le due lavorazioni frontali avente diametro interno (per inserimento utensile) 10mm dell'utensile, diametro esterno 25mm e presenta inoltre dei grani su due spigoli.

La verifica della fase di tornitura nella configurazione con le modifiche apportate non evidenzia vibrazioni che causavano asportazioni sul profilo interno come quelle viste durante l'audit: son stati realizzati 10 pezzi per vedere, inoltre, l'andamento a regime a livello dimensionale.

## 6.2 Revisione e modifica montaggio molle

Per quanto riguarda il sotto-processo di installazione molle all'interno attraverso la puntatrice, in primis è stata realizzata una scheda di manutenzione dei tools d'installazione in quanto si son verificati difetti agli stessi durante le produzioni. Tali difetti, assieme al documento stesso, son visibili nella tabella di sotto.

Responsabilità	CNC Operator
Fase	Descrizione
A	Prelevare i tool dalla puntatrice.
B	<p>Misurare il diametro interno D (indicato in figura) del tool inferiore (identificato dall'etichetta gialla) attraverso calibro centesimale.</p> 

C	<p>Misurare il diametro esterno <math>d</math> (indicato in figura) del tool superiore attraverso calibro centesimale.</p>  <p>The drawing shows a cross-section of a mechanical part with the following dimensions: <math>\phi 13.90</math>, <math>\phi 12.90</math>, <math>\phi 11.50</math>, <math>\phi 30</math>, <math>R0.5</math>, <math>R0.3</math>, <math>6.54</math>, <math>1.10</math>, <math>9.02</math>, <math>5.10</math>, <math>3</math>, <math>7</math>, <math>20</math>, <math>22</math>, <math>38.60</math>, <math>1.73</math>, <math>6.25</math>, <math>9.76</math>, <math>10.49</math>, <math>11.19</math>, and <math>\phi 17.50</math>. A red arrow points to the diameter <math>d</math> at the bottom of the part. The text 'Smussi non quotati 0.5 x 45°' is also present.</p>
D	<p>Compilare il foglio raccolta dati XX/00 allegato.</p>
E	<p>Se il valore <math>D-d &gt; 1,20</math> procedere alla sostituzione dei tool, altrimenti conservare gli stessi nell'apposita area di storage BIN xxx (armadietto).</p>

Provvedere alla sostituzione anche nel caso vengano riscontrate anomalie sui tool che possano comprometterne l'uso.

Es. danneggiamento dente tool sup.

F



Tabella 36: Scheda manutenzione tools per molle

La differenza di misurazione dei due valori dei diametri in questione (1,20mm) è stata ricavata sia considerando i campi di tolleranza per la realizzazione delle superfici d'interfaccia delle guide dei tools stessi sia il grado di gioco effettivo e collaudato con tale valore in applicazioni analoghe.

### 6.2.1 Problema “doppia molla”

In seconda istanza, durante l'audit di processo è stato sollevato quello che in azienda è stato battezzato come “problema della doppia molla”. Si tratta della possibilità di prelevamento da parte



dell'operatore di due molle incastrate una dentro l'altra senza, quindi, che avvenga in distacco durante le operazioni di posizionamento sul jacket e successiva installazione. Inoltre, considerando lo stato di tale sotto-processo e la natura della guarnizione stessa, non è possibile constatare a posteriori se esiste un'eventuale anomalia inerente al fatto che siano state installate due molle.

Perciò, nel caso in questione, l'obiettivo è:

- Separare preventivamente le molle già all'interno del contenitore affinché ognuna abbia il proprio alloggiamento;
- Separare indirettamente le molle, in modo che l'operatore non possa prenderne più di una alla volta dal contenitore in cui sono immagazzinate.

### Soluzioni

- Dima (disegno par.7.3.2)

Per "dima" s'intende una forma/stampo che abbia la funzione di separare determinate forme rispetto ad altre. La dima, perciò, avrebbe una sezione unitaria che rispecchia la forma della molla stessa.

La soluzione consiste nella realizzazione di una piastra, servendosi delle materie prime interne, che presenta delle forme al suo interno le quali rispecchino quelle della molla stessa così da consentire un adattamento delle molle una volta che, dal contenitore, vengono immerse sulla dima: l'operazione, praticamente, consisterebbe nel lasciar cadere poco alla volta le molle all'interno della dima, visto che la realizzazione di 500 alloggiamenti la renderebbe un po' troppo ingombrante.

- Dente magnetico

Il materiale della molla, effettuando delle prove con delle semplici calamite commerciali, risulta effettivamente debolmente magnetico: ciò significa che il materiale di cui è composta non è interamente acciaio AISI 301 (essendo quest'ultimo un acciaio austenitico). L'idea è quella di realizzare il profilo del "dente" del tool superiore d'installazione molle con un materiale magnetico, banalmente di ferro.

A livello procedurale, verrebbe a modificarsi l'istruzione d'installazione molle: nella fattispecie, la molla andrebbe posizionata sullo stesso profilo del dente.

La criticità di tal soluzione è data dal fatto che risulta di difficile calcolo l'esatto valore di campo magnetico di un componente così piccolo e leggero come la molla (pesa soltanto 8 centigrammi). Inoltre, la proprietà magnetica potrebbe essere soltanto causa di eventuali contaminazioni aleatorie del materiale della molla o comunque di difetti marginali che non influenzano la conformità della molla. Prima di intraprendere tale soluzione, sarebbe

opportuno effettuare un audit presso il fornitore (Houston) o comunque la messa a disposizione di una documentazione del processo di produzione maggiormente approfondita.

Ciononostante, per aver almeno un'idea che avesse un riferimento pratico circa il campo magnetico da considerare per progettare una soluzione del genere, son state effettuate alcune prove utilizzando delle semplici calamite commerciali.

Servendomi di un magnete avente diametro 15mm si nota che esso riesce a sostenere 6 molle incastrate una dentro l'altra oppure 5 messe alla rinfusa. Ciò significa che è capace di sollevare con la forza magnetica un peso di 0,08gr ad una distanza di  $h_{molla} + 0,55 * 5 = 2,03 + 2,75 = 4,78$  mm, dove 0,55mm è la differenza di altezza di due molle incastrate.

Attuando una prova con un altro magnete, avente diametro 20mm, si nota che riesce, invece, a sostenere 8 molle incastrate. Ciò significa che è capace di sollevare con la forza magnetica un peso di 0,08gr ad una distanza di  $h_{molla} + 0,55 * 7 = 2,03 + 3,85 = 5,88$  mm.

Inoltre, attuando delle verifiche indipendenti consistenti nel far compiere l'inserimento di una molla all'interno della cava di un'altra molla a diversi operatori, risulta che l'unica configurazione possibile è quella in cui l'incastro avviene completamente, corrispondente infatti alla differenza di altezza di 0,55mm.

Da queste prove, come prevedibile, si evidenzia quanto debba esser esigua la quantità di materiale ferromagnetico da implementare sul dente. Il problema del campo magnetico, d'altra parte, potrebbe esser risolto semplicemente senza andar ad effettuare la valutazione analitica ma per tentativi, considerando diverse frazioni di materiale del banale magnete utilizzato per le suddette prove.

In definitiva, l'eventuale applicazioni di tale soluzione non risolverebbe il problema della difficoltà di afferraggio della molla nel contenitore da parte dell'operatore.

- Penna magnetica

Si tratta di una semplice asta dotata di un componente ferromagnetico all'estremità. tale penna, inoltre, deve esser dotata di un azionamento, del tutto simile a quello di una penna a scatto, in modo da consentire il rilascio della molla una volta posizionata in corrispondenza del jacket. Come criticità vale quanto detto per la soluzione "dente magnetico".

- Sistema con asta tronco-conica scanalata

A differenza delle soluzioni precedenti in cui si andava ad intervenire internamente ex post, tale soluzione parte dal presupposto che si debba instaurare una collaborazione col fornitore

per la realizzazione della stessa: si tratta essenzialmente di un cilindro avente estremità tronco-coniche per facilitare l'inserimento da un lato e l'estrazione delle molle dall'altro. Un secondo cilindro inserito esternamente rispetto al primo avrebbe una funzione di spinta delle molle verso l'estremità inferiore, facendole praticamente scivolare verso il basso. Tale soluzione, come accennato deve però esser studiata congiuntamente in quanto si dovrebbero aver maggiori informazioni di come le molle, in output dal processo produttivo, vengano estratte ed immagazzinate temporaneamente prima di esser immesse nel contenitore per esser spedite. Non disponendo, perciò, delle informazioni necessarie a tal scopo, viene rappresentato un possibile prototipo per l'assolvimento di tale funzione.



**Figura 58: Asta porta-molle**

Le molle vengono inserite nella parte superiore ed incastrate nella zona mediana grazie al cilindretto che in figura risulta accoppiato. Le misure prendono in considerazione il diametro interno e quello di mezzeria della molla in modo tale che ci sia gioco alle estremità ed attrito nella zona mediana.

Considerando, inoltre, che esistono già sistemi del genere realizzati in POM usati per facilitare l'alloggiamento degli anellini in un pezzo fornito dal cliente per compiere simulazioni, si evince che tale soluzione non risulta totalmente nuova per Hallite Italia dal punto di vista della realizzazione fisica.

### **6.2.2 Soluzione adottata**

Alla luce delle idee generate al paragrafo precedente, la soluzione messa in atto, considerando sia la facilità di implementazione sia i tempi di introduzione, è stata la “penna magnetica”. Più dettagliatamente, è stato prelevato da magazzino un'asta metallica ferromagnetica, lavorata al tornio

affinché avesse un'estremità di dimensioni dello stesso ordine di grandezza della sezione della molla ed, empiricamente, sono state effettuate delle prove per verificare quante molle prelevasse dal contenitore ove giacciono: i risultati sono stati del tutto simili a quelli in output relativi all'utilizzo di un magnete, visti sopra. Per l'implementazione di tale soluzione sono bastati pochi minuti ed il miglioramento rispetto alla configurazione precedente è stato quello di posizionare la molla sul jacket prelevando da un insieme di 3-5 guarnizioni attaccate alla punta e non da un contenitore contenente 400 pezzi. In tal modo è stato possibile ridurre i tempi morti di posizionamento di circa la metà del valore precedente.

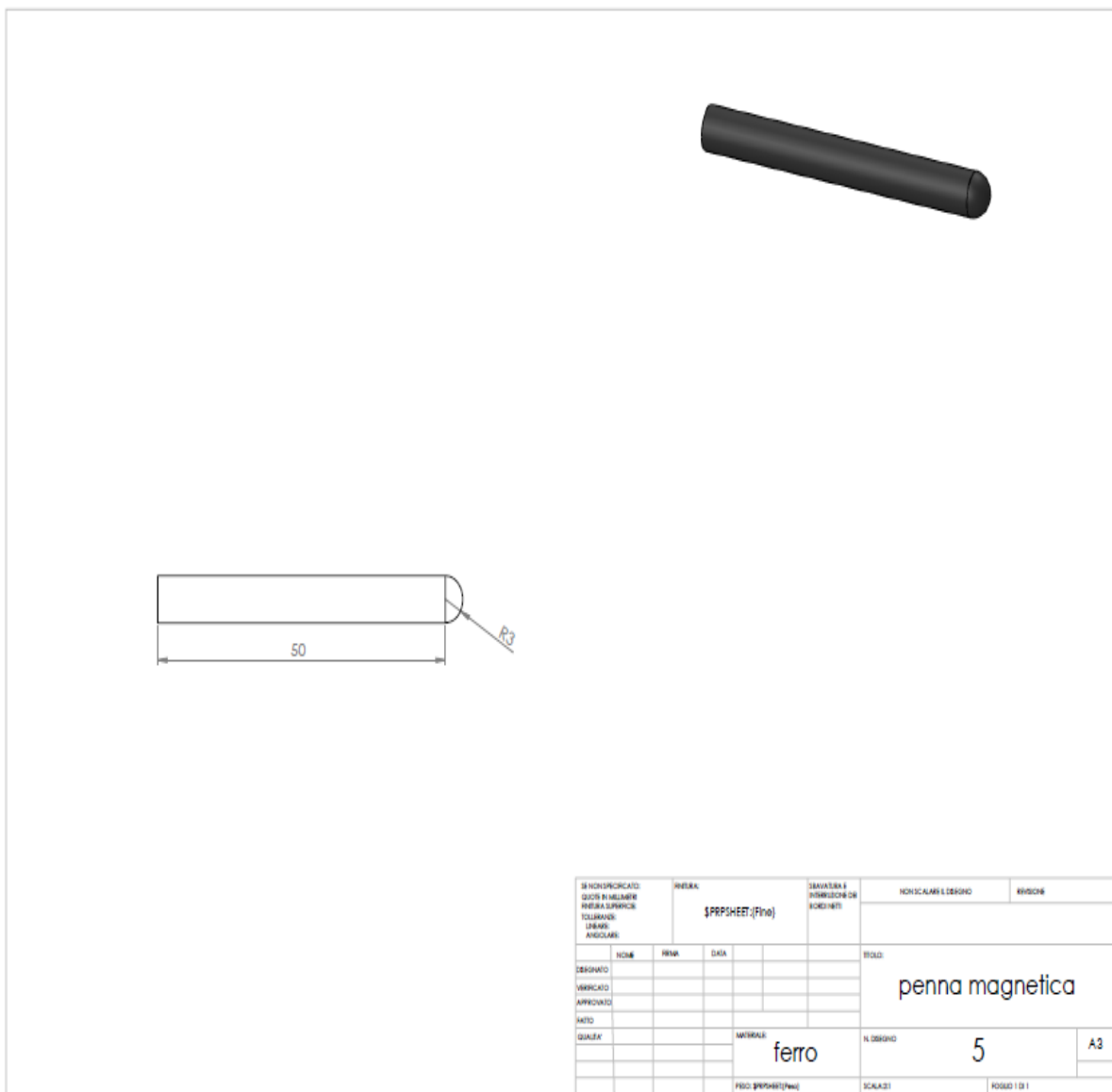


Figura 59: Penna magnetica

### 6.3 Revisione e modifica documenti di processo

In tale paragrafo vengono aggiornati i documenti riguardanti la gestione dell'intero flusso di processo in base alle modifiche determinate ai paragrafi precedenti.

Il diagramma di flusso sottostante è stato aggiornato inserendo le modifiche sostanziali di controllo visivo durante la tornitura, start-up, controllo esterno 100% inserito prima rispetto alla installazione molle così da intervenire prontamente in caso di problemi di alte non conformità e oltretutto di non dover scartare anche le molle nel caso tal controllo sia fatto come ultimo step del flusso, ottimizzando in maniera migliore le risorse disponibili e riducendo scarti ridondanti.

Per quanto riguarda il control plan, son stati aggiornate tutte le fasi ed in particolar modo esplicitate più dettagliatamente quelle di controllo in ingresso delle materie prime. Maggior precisione ed enfasi è stata data anche alle responsabilità di ogni attività, strumenti da utilizzare e tipo di verifica/controllo da attuare con i relativi documenti di riferimento.

La PFMEA è stata realizzata grazie alla concessione del format documentale dal cliente, così da aver le corrispondenze qualitative riportate dallo stesso stesso rispetto alla scala quantitativa decimale e quindi un maggior capacità di valutazione degli indici S, O e D per il calcolo del RPN. Come si vede nel riquadro in giallo, l'azione correttiva implementata relativamente alla modifica dell'utensile speciale per cava molla ha fatto rientrare il suo RPN all'interno della soglia. Vicino all'*Action Limit* e il controllo delle molle in ingresso: al momento, non esiste la possibilità di attuare un controllo più efficace in base alle risorse disponibili ed il rapporto col fornitore.

## DIAGRAMMA DI FLUSSO OPERATIVO DI PRODUZIONE

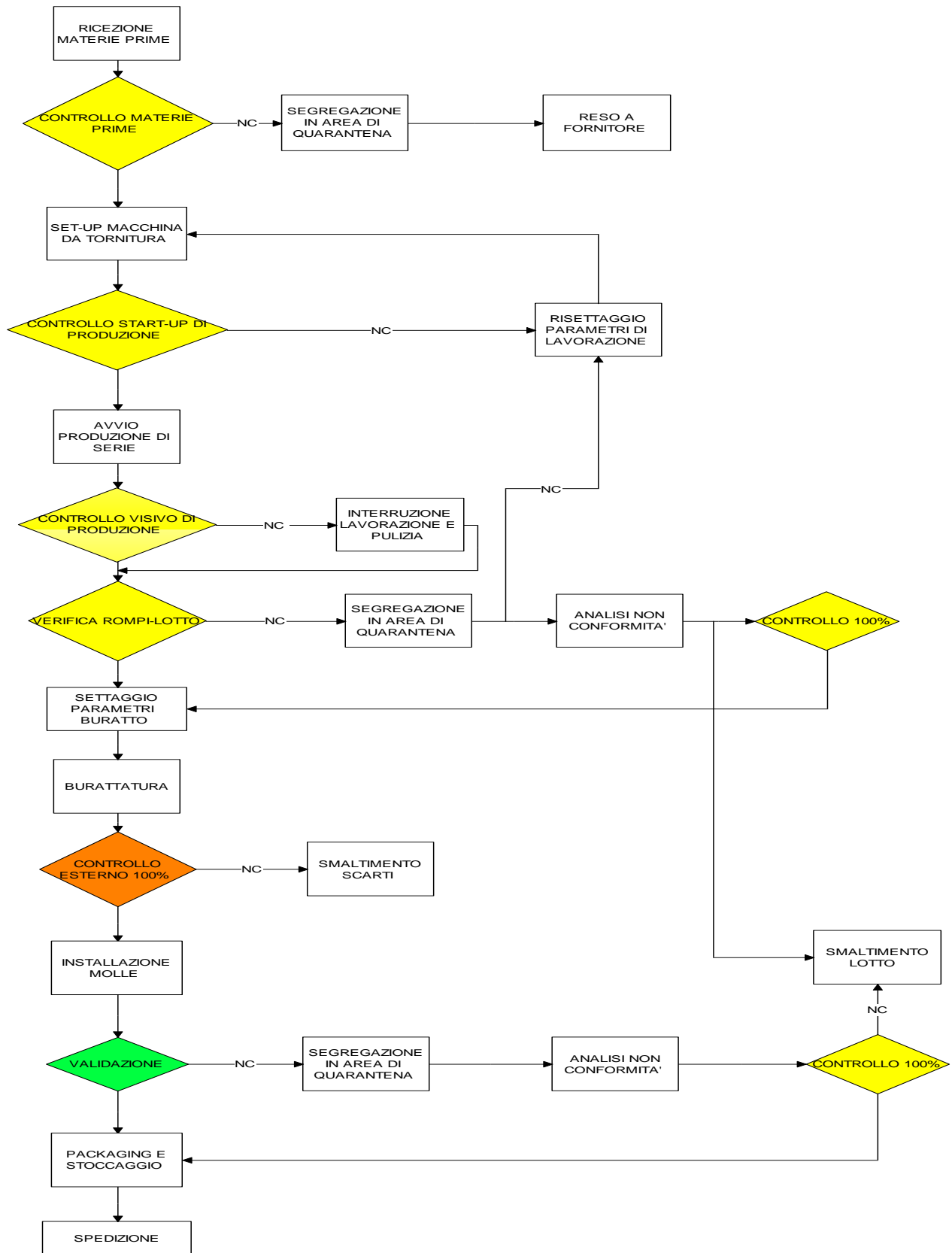


Figura 60: Diagramma flusso di processo aggiornato

Rafforzato **X**

Prototype	Pilot-Run	Production <b>500 pcs</b>	Key Contact/Phone <b>M. Razzauti / 0586428287</b>		Date(Orig.) <b>09/03/2016</b>								
Control Plan No <b>0001_16</b>		Rev. <b>02</b>	Core Team <b>QUALITY DEP.</b>		Customer Eng. Approval/Date (if req.)								
Part Name Description <b>Special Rod Optiseal</b>			Supplier/Plant approval/Date		Customer Quality Approval/Date(if req.)								
Part/Supplier Part <b>O94500001653-IT</b>		Supplier Code	Other Approval Date (if req.)		Other Approvals/Date(if req.)								
Part/ Process Number	Process		Characteristics		Special Char.Classes	Methods					Reaction Plan		
	Process Name/ Operation Description	Machine, Device, Jig, Tools	No.	Control object		Product/Process Spec. Tolerance	IO/PF/ISTR/ID reference	Control Method	/ Measurement Technique and instrument	Responsible		Sample	
1	ACCETTAZIONE BARRE PTFE	\	1	VERIFICA CORRISPONDENZA DATI ORDINE D' ACQUISTO/MERCE IN INGRESSO	NO	COMPLETA CORRISPONDENZA	PF-002	VISIVO	VISIVO	Stock keeper	\	100 %	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
			2	VERIFICA CORRISPONDENZA QUANTITA' BARRA RICHIESTE/ QUANTITA' BARRE IN INGRESSO	NO	ESATTA QUANTITA'	PF-002					\	100 %
2	CONTROLLO BARRE PTFE	\	1	FINITURA SUPERFICIALE: ASSENZA DIFETTOSITA'	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	certificato 3.1	VISUALE	ISPEZIONE VISIVA	CNC Operator / Quality inspector	\	100 %	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
			2	DIAMETRO ESTERNO Ø14,5mm	SI	-0,05		STRUMENTALE	CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE		\	20%	

			3	CONTROLLO DUREZZA	SI	52-60			DUROMETRO MANUALE ShD		\	20%	
			4	CONTROLLO DENSITA'	SI	2,14 - 2,19			DENSIMETRO		\	20%	
3	ACCETTAZIONE MOLLE	\	1	VERIFICA CORRISPONDENZA DATI ORDINE D' ACQUISTO/MERCE IN INGRESSO	NO	COMPLETA CORRISPONDENZA		VISIVO	VISIVO	Stock keeper	\	100%	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
4	CONTROLLO MOLLE	\	1	VERIFICA DOCUMENTAZIONE E MOLLE	NO	COMPLETA CORRISPONDENZA	certificato materiale	VISIVO	VISIVO	Stock keeper	\	100%	SEGNALAZIONE AL DIPARTIMENTO QUALITA'
5	CONTROLLO UTENSILI	\	1	VERIFICA DOCUMENTAZIONE E UTENSILI	NO	COMPLETA CORRISPONDENZA		VISIVO	VISIVO	Stock keeper	\	100%	SEGNALAZIONE AL DIPARTIMENTO QUALITA'
6	SETUP TORNITURA	CNC Lathe machine	1	FINITURA SUPERFICIALE: ASSENZA DI DIFETTOSITA'	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	ISTR-003	VISIVO	VISIVO		\	100%	SEGREGAZIONE PEZZI: PRESENZA DI DIFETTI
			2	VERIFICA ANDAMENTO DEL PROFILO ESTERNO E INTERNO: SOVRAPPOSIZIONE CON PROFILO NOMINALE	NO	CORRISPONDENZA A COMPLETA DEL PROFILO	ISTR-XXX	STRUMENTALE	MACCHINA OTTICA	CNC operator	\	100%	SEGREGAZIONE PEZZI: PROFILO FUORI SPECIFICA DIMENSIONALE
			3	BENESTARE START-UP PRODUZIONE	NO	VERIFICA INDIPENDENTE SET-UP*	ISTR-XXX, ID XXX	VISIVO	VISIVO	Quality inspector	\	100%	SCARTO E RISETUP PARAMETRI
7	CONTROLLO STARTUP PRODUZIONE	CNC Lathe machine	1	DIAMETRO ESTERNO	SI	± 0,2 mm	IO-001				4	100%	SETUP PARAMETRI
			2	SEZIONE 3,32mm	SI	± 0,1 mm	IO-001	STRUMENTALE	CALIBRO DIGITALE CENTESIMALE	CNC Operator	4	100%	
			3	SPESSORE 3,75mm	SI	±0,1 mm	IO-001				4	100%	
7,A	CONTROLLO DI PRODUZIONE		1	PRESENZA DI ACCUMULI DI TRUCIOLO	NO	ASSENZA DI ACCUMULI DI TRUCIOLO	IO-XXX	VISIVO	VISIVO		\	100%	INTERRUZIONE LAVORAZIONE E PULIZIA



7,B	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE	\	1	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE PF-002,ISTR-001, 003 e IO-001	SI	NESSUNA DEVIAZIONE	HSQP 006	\		Quality inspector	\	100 %	RIPRISTINO PROCEDURE
8.A	CAMBIO BARRA/ROMPI LOTTO	CNC Lathe machine	1	DIAMETRO ESTERNO	SI	± 0,2 mm	IO-001	STRUMENTAL E	CALIBRO DIGITALE CENTESIMAL E	CNC Operator	4	100 %	Controllo 100% / rottamazione segmento di lotto
			2	SEZIONE 3,32mm	SI	± 0,1 mm	IO-001				4	100 %	
			3	SPESSORE 3,75mm	SI	±0,1 mm	IO-001				4	100 %	
9	BURATTATURA	Buratto	1	ASSENZA BAVE	NO	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'	IO-015	VISIVO	VISIVO	Warehouseman	20	100 %	SEGREGAZIONE DEL LOTTO
11	SETUP INSTALLAZIONE MOLE	Pressa manuale	1	VERIFICA CENTRAGGIO TOOL	SI	ACCOPIAMENTO TOOL		VISIVO	VISIVO	Warehouseman	\	100 %	REVISIONE DISEGNI TOOL
12	VALIDAZIONE LOTTO	\	1	DIAMETRO ESTERNO	SI	± 0,2 mm		STRUMENTAL E	CALIBRO DIGITALE CENTESIMAL E	Quality inspector	AQL lvl I	100 %	Controllo 100% / rottamazione lotto
			2	SEZIONE 3,32mm	SI	± 0,1 mm						100 %	
			3	SPESSORE 3,75mm	SI	±0,1 mm						100 %	
			4	ASSENZA BAVE	SI	ASSENZA TOTALE DI DIFETTOSITA'		VISIVO	VISIVO		AQL lvl I	100 %	
			5	VERIFICA CAPABILITY	SI	Min 1,33 Cp, Min 1,33 Cpk (rilievi punti 1,2, e 3)						AQL lvl I	100 %
			6	ISPEZIONE VISIVA (supplementare)	SI	Nessun difetto visibile su ogni faccia					100%	100 %	Rottamazione componente
13.a	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE	\	1	VERIFICA RISPETTO PROCEDURE PF-002,ISTR-001, 003, IO-001 e IO-015	SI	NESSUNA DEVIAZIONE	HSQP 006	VISIVO	VISIVO	Quality inspector	\	100 %	RIPRISTINO PROCEDURE

Tabella 37: Control Plan aggiornato

<b>PFMEA DI PROCESSO</b>			<b>PFMEA N°:</b>
<input checked="" type="checkbox"/> PROCESS FMEA <input type="checkbox"/> DESIGN FMEA			<b>001-16</b>
<input type="checkbox"/> System  <input checked="" type="checkbox"/> Subsystem  <input type="checkbox"/> Component  <input checked="" type="checkbox"/> Item	Description	LR Part Number	Customer part number
	special rod optiseal	106082300	O945000016 53-IT
	Product - System	Writer	FMEA Team Leader
		Latella I.	Razzauti M.
<input checked="" type="checkbox"/> New <input type="checkbox"/> Change <input type="checkbox"/> Different function		Team	Agnesi D., Razzauti M.
		Starting date FMEA	Updating Revision n.
		09/03/2016	1

Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Class	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Current Design\Process			RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results					
						Controls Prevention	O c c	Controls Detection				Detec	Actions Taken	New Sev	New Occ	New Det	New RPN

1	Accettazione barre TFM	<b>Materia prima in ingresso errata:</b> caratteristiche del materiale	danneggiamento al montaggio, ritorno elastico non adeguato, inefficacia di tenuta	8		Inviato materiale diverso da quello richiesto, ordinato materiale errato	Controllo accettazione materia prima; controllo documentazione materia prima	3	Verifica corrispondenza dati ordine in acquisto/merce in ingresso; controllo visivo materiale; controllo durezza materiale; controllo densità materiale	1	2 4								
		<b>Materia prima in ingresso non conforme:</b> presenza di inclusioni/bolle d'aria nelle barre		8		Non conformità di processo fornitore	Controllo materia prima	3	Controllo visivo materia prima, controllo densità del materiale	2	4 8								
		<b>Materia prima in ingresso non conforme:</b> dimensioni non corrette	Impossibile produrre particolari (diametro più stretto)	8		Inviato materiale diverso da quello richiesto, ordinato materiale errato	Controllo materia prima	3	Controllo dimensionale materia prima	1	2 4								
			modifiche al part program (diametro più largo)	8				1		2 4									
		2	Accettazione molle AISI 301	<b>Materia prima in ingresso errata</b>	impossibilità di installazione in jacket, ritorno elastico non adeguato, inefficacia di tenuta	7		Inviato materiale diverso da quello richiesto, ordinato materiale errato	Controllo accettazione materia prima, controllo della documentazione	2	Verifica corrispondenza dati ordine in acquisto/merce in ingresso	8	1 1 2						

5	Setup e tornitura	Tool di lavorazione sbagliato/i	Particolari non conformi/impossibile produrre parti	8	Errore operatore	istruzioni operative	Controllo dimensionale e visivo first off	1	24								
		Tool di lavorazione usurato/i		7				3	21								
		Errore setup macchina: serraggio utensili insufficiente		6				1	12								
		Errore setup macchina: errore carico programma		6				1	6								
		Errore setup macchina: posizionamento utensili errato		8				10	4	320	posizionamento utensile univoco	09-mar	bussola di centraggio con 2 lavorazioni frontali a 180°	8	3	1	24
		Errore setup macchina: errore carico materia prima		6				1	1	6							
▽ 8	Produzione serie	Dimensioni fuori tolleranza	Possibili danneggiamenti al montaggio, impossibilità di montaggio, inefficacia tenuta delle molle,	8	Inusuale livello di usura utensile, vibrazioni macchina utensile, infiltrazioni trucioli	frequenti verifiche di produzione e verifica rompi-lotto, cambio utensili in base alla vita utile	Controllo dimensionale e visivo particolari	2	48								


		<b>Difetti superficiali</b>	inefficacia di tenuta	8				8		1	64								
	9	Burattatura	<b>Difetti superficiali</b>	pezzi in uscita sporchi	7		abrasivo, lubrificante, posizionamento all'interno del buratto non efficace,	istruzioni operative	1	controllo visivo	1	7							
	11	Setup e installazione molle	<b>Errore setup macchina:</b> serraggio tool insufficiente	possibilità di non centraggio	2		errore operatore	struttura tool autocentrante	1	controllo visivo	1	2							
<b>Errore setup macchina:</b> posizionamento di due molle			possibilità di difetti al montaggio; possibilità di non conformità dimensionale	7		istruzioni operative		2	6		84								

Tabella 38: PMEA

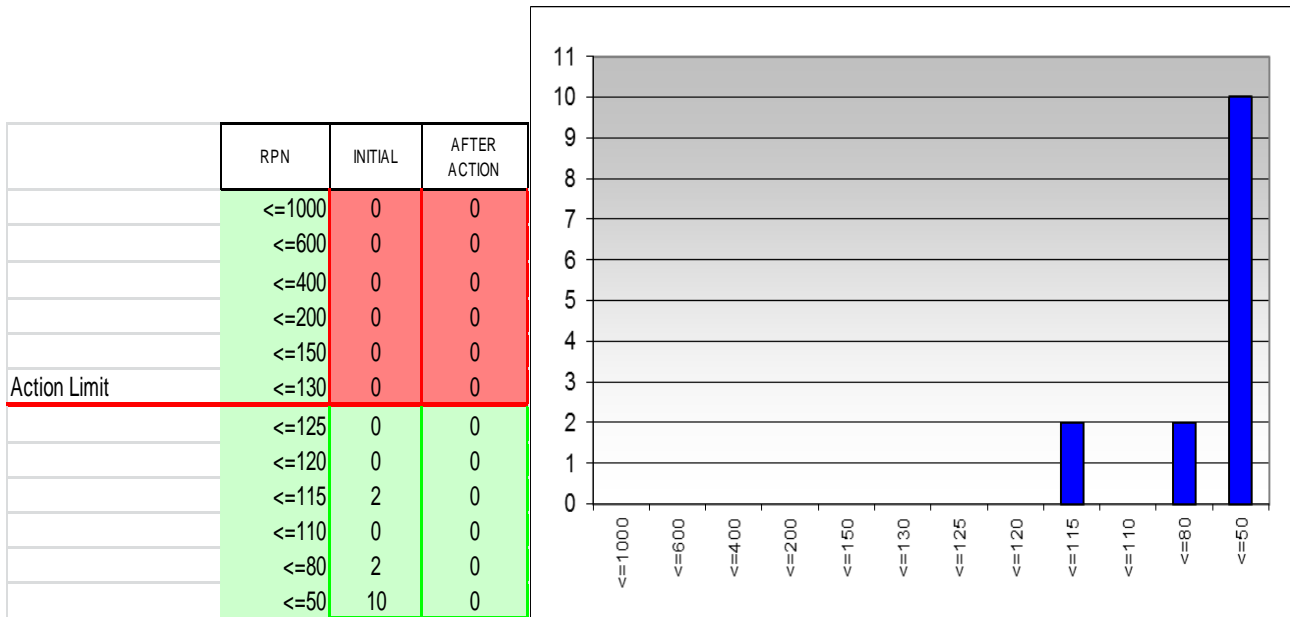


Tabella 39: Soglia RPN ed istogramma valori

## 7 Capitolo 7. Azioni di miglioramento

In questo capitolo vengono trattate tutte le azioni intraprese nell'ottica di miglioramento del processo, le quali sono rimaste soltanto in uno status progettuale ma non sono state implementate prima della fine del mio progetto di tirocinio. Alcune di esse sono relative a modifiche ulteriori di alcune attività del flusso di processo derivanti da esigenze di miglioramento di efficacia in primis ed efficienza successivamente e considerate in occasione dell'audit di processo produttivo di LR. Nei successivi paragrafi vengono presentati gli studi ed i progetti effettuati considerando gli obiettivi, vincoli e risorse interne.

### 7.1 Progettazione strumenti di controllo set-up

Alla situazione AS-IS, il taglio della sezione del jacket, come visto al par. 5.5, avviene attraverso una semplice lama in modo manuale: praticamente, vengono effettuati due tagli distanti circa 1mm tra loro ed estrarre così la sezione della quale misurarne il profilo alla macchina ottica. Nell'ottica di prevenire deformazioni del profilo del jacket e la formazione di piccole bave in corrispondenza delle zone di distacco della sezione ho progettato due punzoni, simili ai tools d'installazione molle sia come forma sia come "funzionamento": si tratta di due strumenti che utilizzano la puntatrice come risorsa per effettuare il taglio della sezione del jacket, permesso da due lame

(presenti già internamente all'azienda) alloggiato all'interno del punzone superiore mentre in quello inferiore viene posizionato opportunamente il jacket stesso.

In tal modo, il taglio della sezione non viene influenzato dalla sensibilità dell'operatore che lo effettua ed inoltre evita la formazione di qualsiasi deformazioni e/o bave.

Nella progettazione di tali punzoni, i vincoli da considerare e le risorse disponibili sono i seguenti:

- Distanza tra le lame  $\leq 1\text{mm}$ 
  - o Diametro del più piccolo utensile per lavorazioni frontali = 1mm e capacità di affondo 4mm;
- Guide esterne di indirizzamento del punzone superiore entro quello inferiore;
- Possibilità di manutenzione e quindi smontabilità
- Configurazione "chiusa" per sicurezza: evitare che l'operatore interagisca anche accidentalmente con la zona di taglio.

Il risultato di tale progetto è rappresentato dal disegno 2D e 3D dei due punzoni sotto.

Il punzone inferiore presenta al centro una cavità necessaria ad alloggiare il jacket in una posizione stabile, con il gioco minimo possibile per permettere l'inserimento e la successiva estrazione manuale. Nella zona mediana in corrispondenza della cavità è presente una scanalatura, che percorre tutta la superficie del punzone, necessaria a far passare le due lame incastrate sul punzone superiore. Inoltre, la superficie d'appoggio del jacket non corrisponde esattamente a quella della scanalatura ma esiste un piccolo scalino di 0,5mm in modo da far compiere la battuta alle lame assicurandosi il taglio di tutta la sezione. La guida esterna del punzone è interrotta per permettere il passaggio delle componenti d'afferraggio del punzone superiore.

Il punzone superiore è, in realtà, composto da due semi-punzoni posizionati uno contro l'altro dal lato della superficie piana, come si vede nell'insieme. Come appena accennato, tale punzone è formato da una parte d'afferraggio che va ad incastrarsi col punzone inferiore così da permettere il distacco di essi una volta effettuato il taglio, e da una superficie piana avente uno scalino di 0,8mm per l'inserimento delle lame (aventi spessore 0,6) è lasciare al contempo lo spazio per il passaggio della sezione del jacket.

Per l'estrazione del jacket, in tal configurazione basta separare i punzoni.

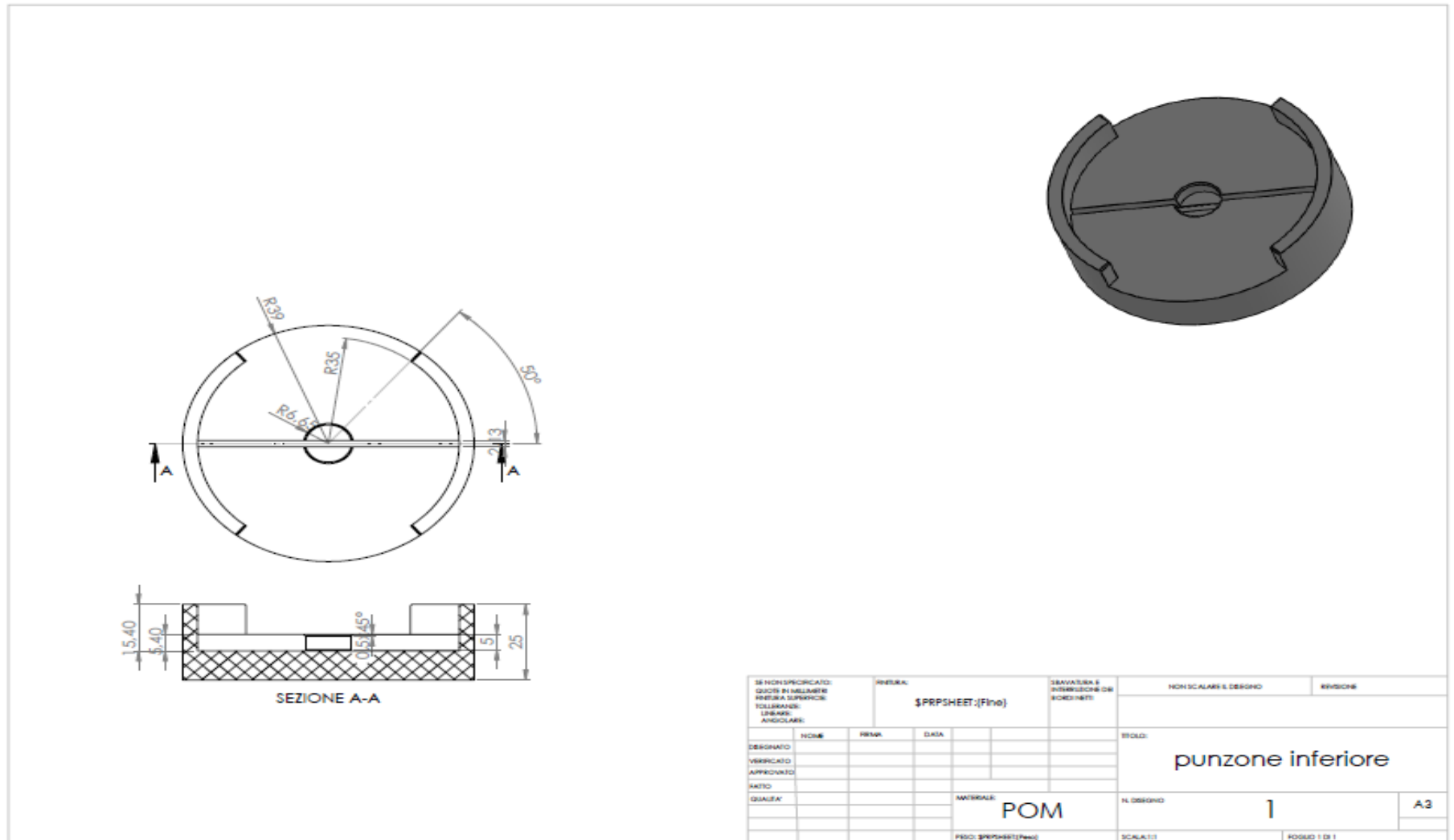


Figura 61: Punzone inferiore da taglio jacket



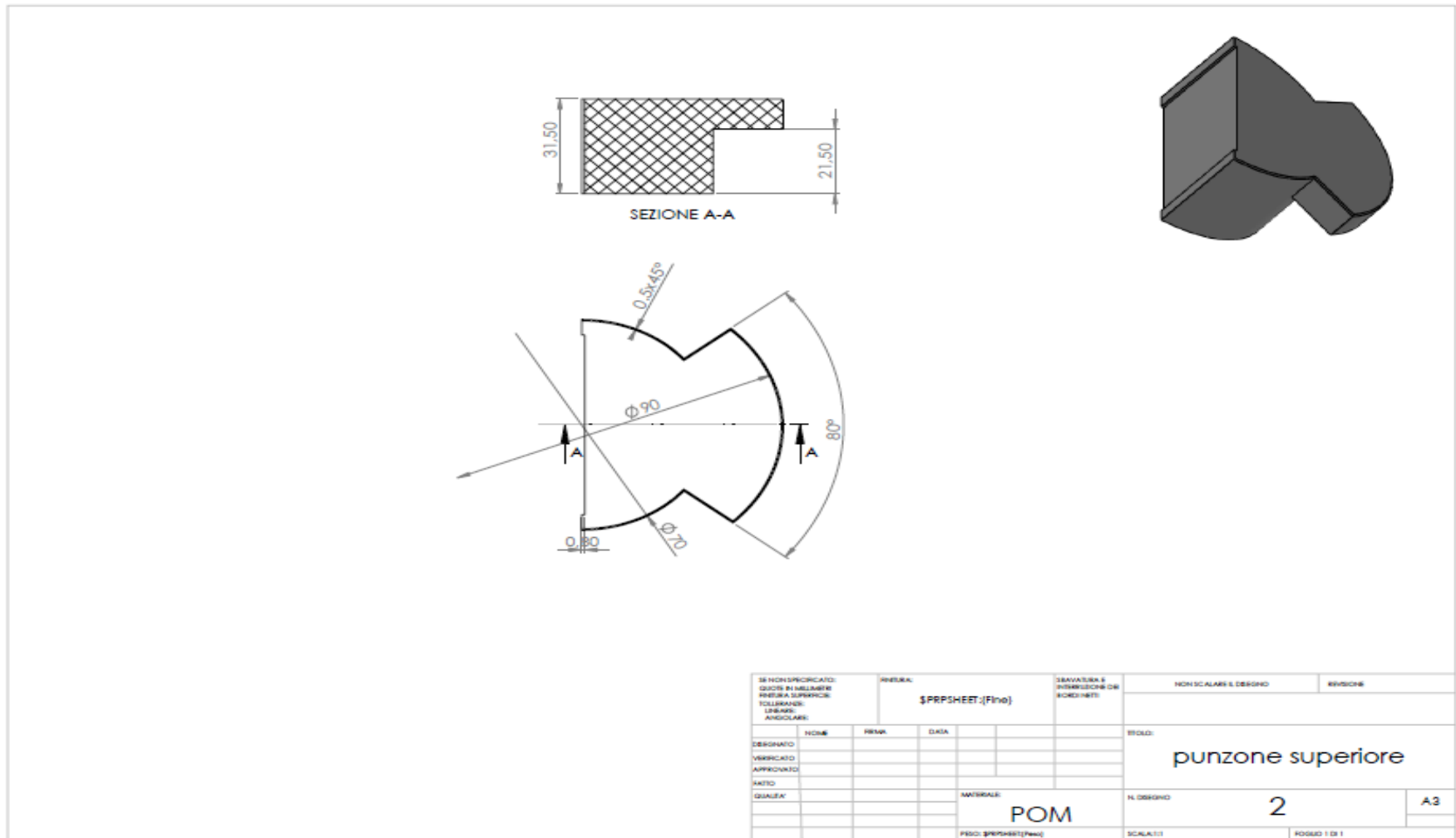


Figura 62: Punzone superiore da taglio jacket

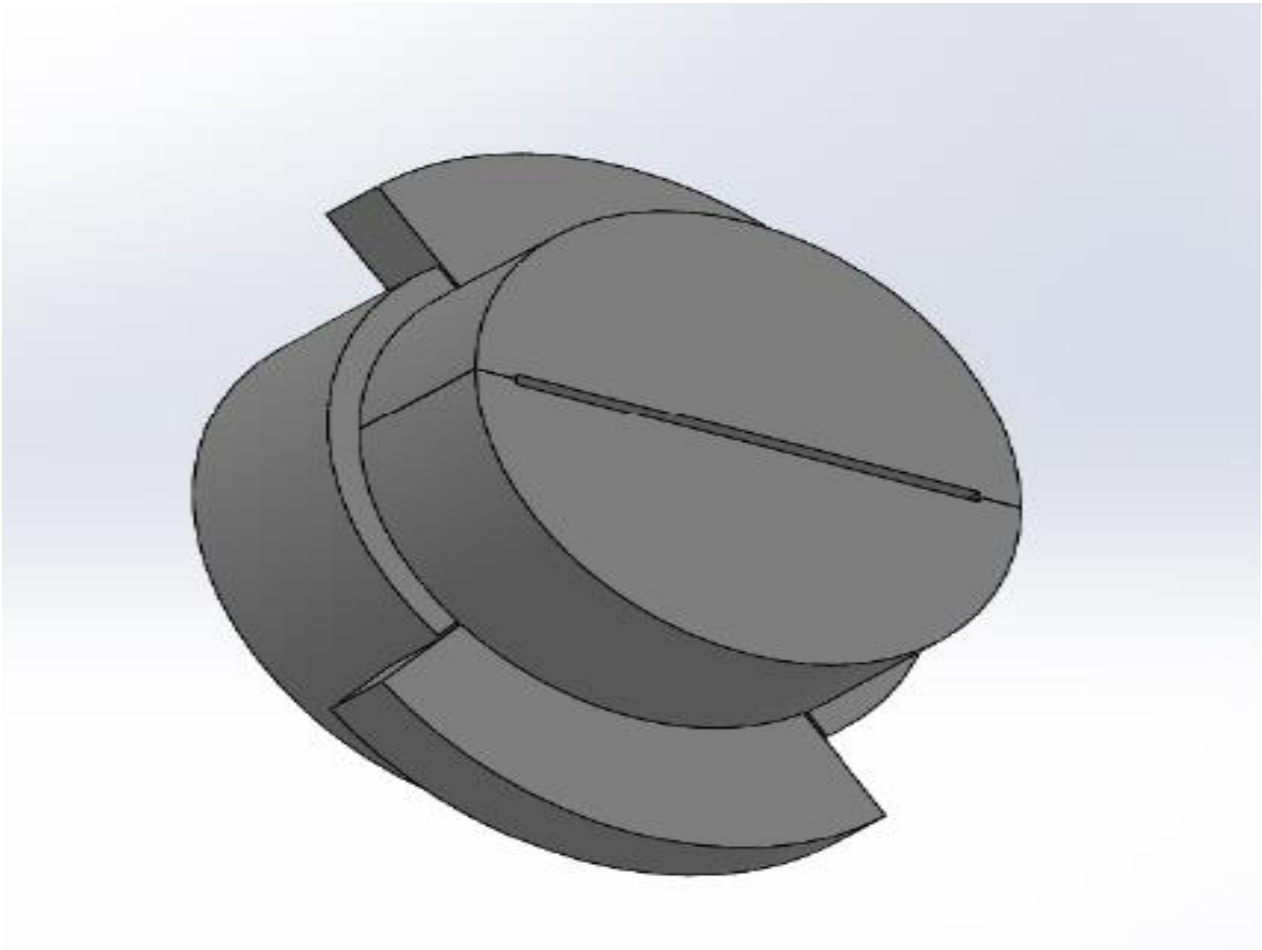


Figura 63: Accoppiamento punzoni per taglio sezione jacket



Figura 64: Lame per cesoia adattate al taglio

## 7.2 Cassetta storage jacket

Durante la realizzazione dei 500pz da effettuare in occasione dell'audit di processo erano emersi dei difetti sulla superficie del jacket nel momento in cui esso veniva spinto, attraverso la pompa ad aria compressa posizionata sull'astina del carro 1, all'interno della cassetta di storage. Si tratta di residui di materiale relativo ad altre lavorazioni che vengono fatte sulla TCN32, in particolare quelle del

PTFE bronzo: tali residui devono, perciò, esser prevenuti sin dalla fase di tornitura per evitare che si trasformino in non conformità durante le fasi successive del flusso di processo.

Di seguito la cassetta sin adesso utilizzata per immagazzinare i jacket in output del processo di tornitura.

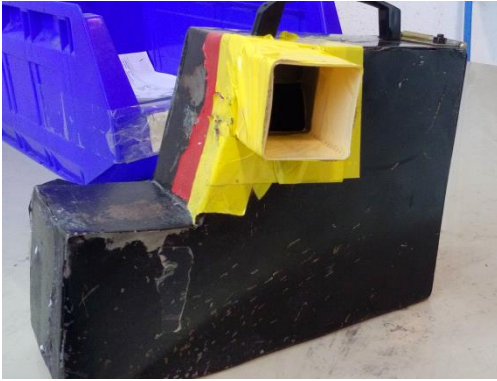


Figura 65: Cassetta storage jacket

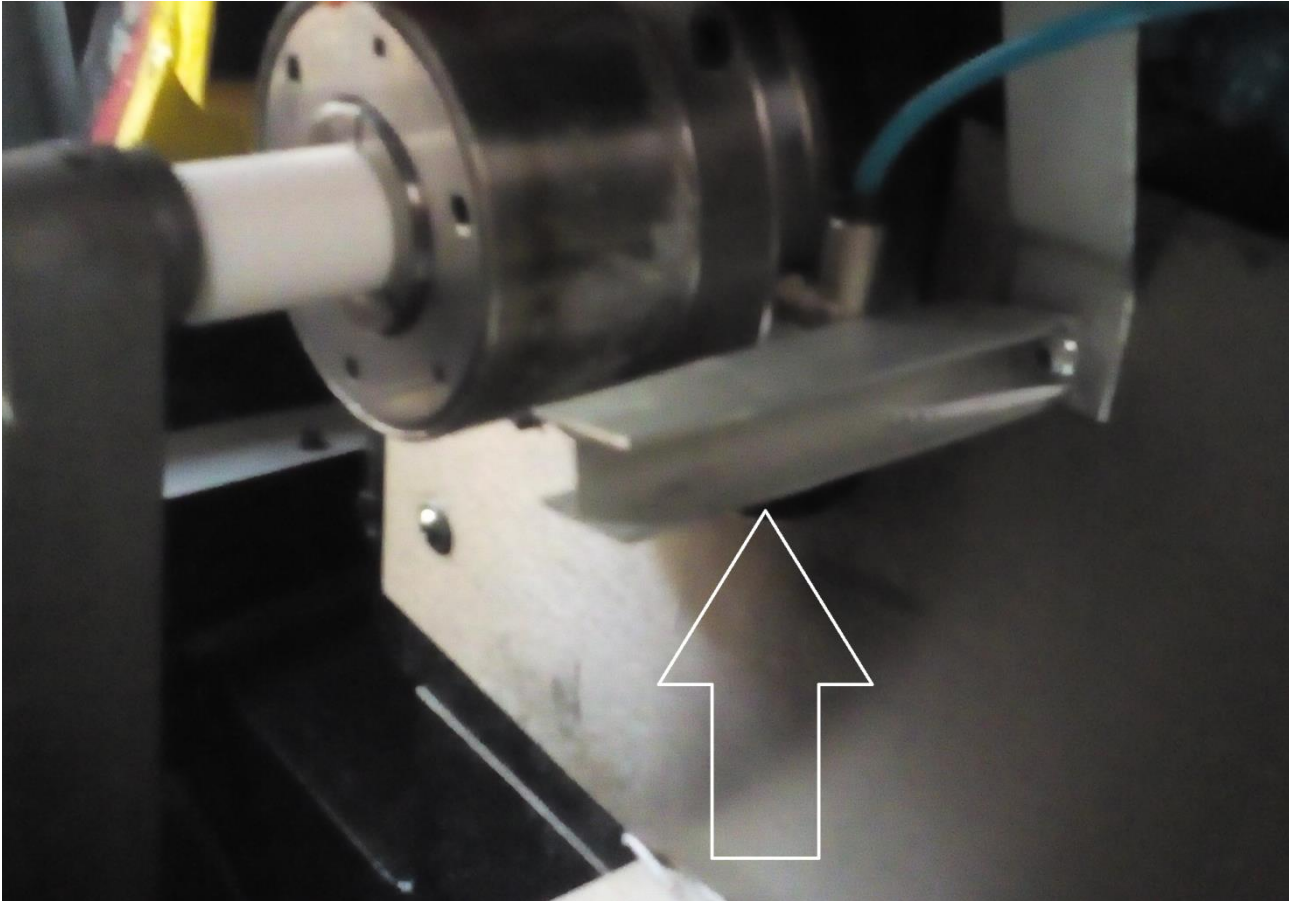
Si tratta di un oggetto relativamente “artigianale”, progettato un po’ superficialmente e velocemente dal responsabile produzione in base agli ingombri ed al posizionamento all’interno della TCN32, realizzato da una ditta che tratta materiali per lamiera.

La nuova cassetta deve presentare le seguenti caratteristiche:

- Cassetta formata da due componenti: imbocco e convogliatore;
- Prevedere convogliatore meno ingombrante possibile, di forma idonea per permettere l’accesso e il non danneggiamento dei jacket;
- Realizzazione interna (materiali e utensili);
- Prevedere l’incastro tra i due componenti;
- Stabilità cassetta senza comprometterne la riduzione ingombri;
- Cassetta utilizzabile per tutte e tre le produzioni attuate con la TCN32 (diametri fino a 32mm).

Servendosi del software Solidworks, il risultato della progettazione è rappresentato dai componenti ed assieme di sotto.

Il componente “imbocco” è realizzato con una sorta di anello, posizionato nella zona mediana rispetto alla lunghezza, necessario ad effettuare un foro all’interno del quale accoppiare una barra, attraverso un semplice bullone, per permettere l’ancoraggio del sistema ad un componente montato precedentemente nei pressi del mandrino (indicato con la freccia).



**Figura 66: Componente d'ancoraggio imbocco**

Effettuando un foro a tal componente indicato, è possibile accoppiare la barretta cilindrica ad esso da una parte ed all'imbocco dall'altra. Per difficoltà di lavorazione e programmazione al tornio del foro per la vite passante, esso viene effettuato attraverso un semplice trapano successivamente, vista anche la bassa criticità dell'oggetto in questione.

Il sistema appena descritto viene, inoltre, accoppiato al convogliatore essenzialmente composto da un semplice tubo per esterni simile a quelli utilizzati per la copertura di cavi per impianti elettrici domestici il convogliatore permette di trasportare i jacket appena realizzati nella zona sottostante la TCN32 ove è presente un contenitore di maggiori dimensioni, simili a quelle della vecchia cassetta, per il prelievo dei prodotti.

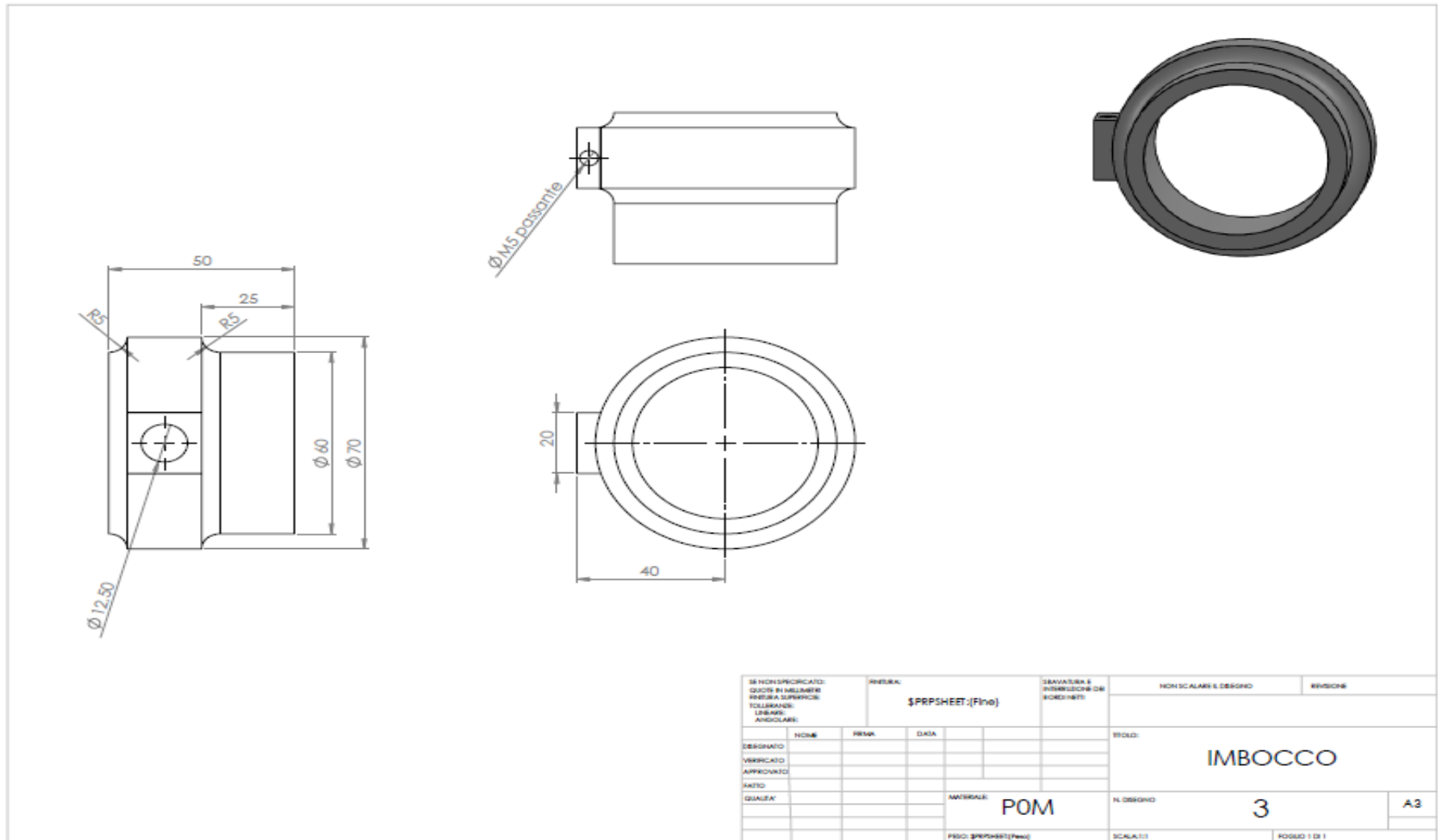


Figura 67: Imbocco

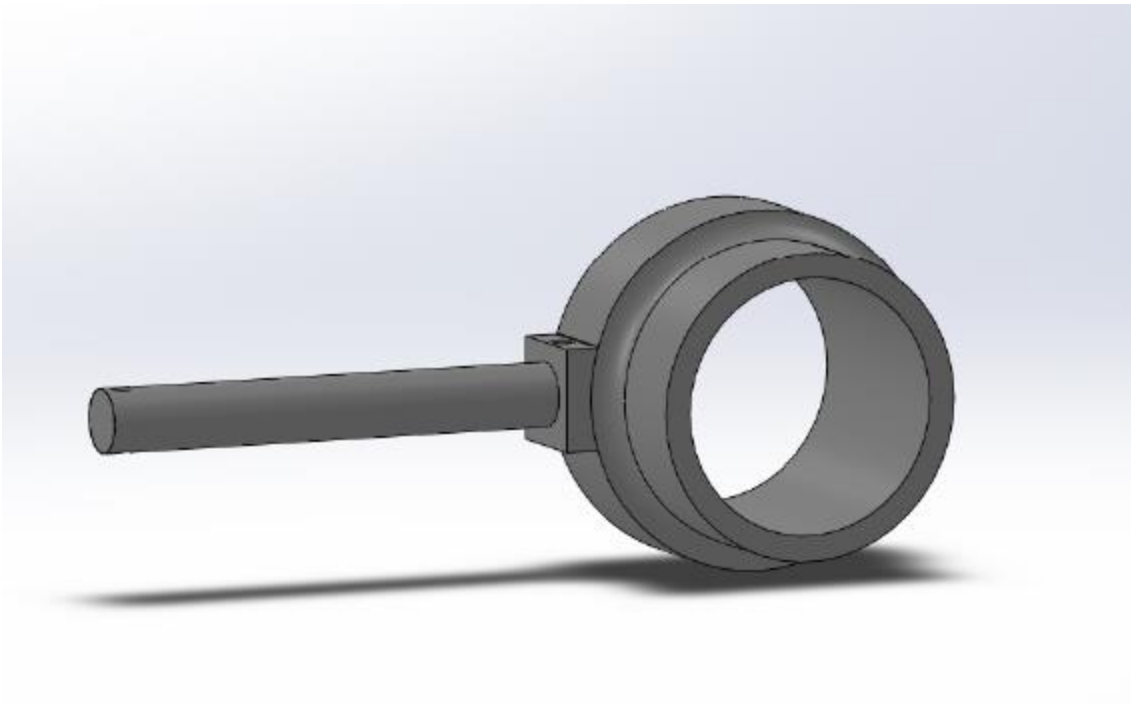


Figura 68: Imbocco con supporto

## 7.3 Progettazione strumenti di convogliamento molle

Con l'obiettivo di aver un maggior livello di automazione del processo di installazione molle nella cava del jacket attraverso la puntatrice, è stato effettuato uno studio circa la fattibilità tecnica ed economica circa la possibilità sia di acquistare vibro-alimentatori sia di produrre internamente degli strumenti di asservimento della puntatrice coadiuvati da dispositivi automatici.

### 7.3.1 Vibro-alimentatori

Considerando la stima dei tempi operativi per l'effettuazione dell'installazione molle si evince che, essendo un processo che presenta molte operazioni manuali, risulta in secondo piano un'attività di diminuzione della componente di tempo operativo a valor aggiunto (vale a dire l'operazione di effettiva "punzonatura"): piuttosto, il focus è maggiormente da collocare nella minimizzazione del tempo di tutte le operazioni "di contorno" in tale processo.

La soluzione più veloce, perciò, ricade su alimentatori a vibrazione che siano in grado di convogliare le molle nella zona di alloggiamento o quanto meno effettuare un'asservimento migliore rispetto a quello manuale direttamente dal contenitore polimerico delle molle.

In particolare, è stata effettuata una richiesta d'offerta all'azienda Deca S.r.l circa le loro soluzioni da adattare ai requisiti del processo d'installazione molle.

> SCHEDA

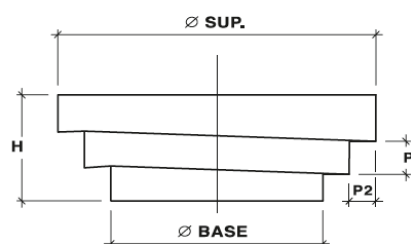


caratteristiche  
TECNICHE

> CONTENITORI a gradini

$\varnothing$ BASE mm	$\varnothing$ SUP. mm	H mm	P1 mm	P2 mm
200	300	100	33	25
250	360	120	40	27
350	500	160	53	37
450	600	180	60	37
450	700	200	66	62
500	800	250	83	75
600	900	300	100	75
700	1000	350	116	75
900	1200	450	150	75

■ Forniture personalizzate su richiesta.



SOLUZIONI  
di asservimento

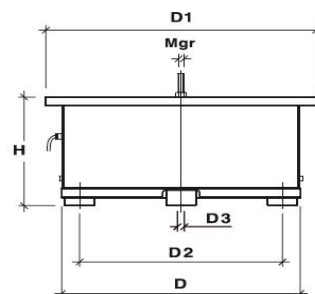
DECA S.r.l.  
Via Paolo Vitalba 9/c - 23801 Calolziocorte (LC) - Italy  
Tel. +39 0341 632080 - Fax. +39 0341 608154 - info@decasrl.biz - [www.decasrl.biz](http://www.decasrl.biz)

PRODOTTI personalizzati



caratteristiche  
TECNICHE

> VIBRATORI circolari



BASI mod.	VIBR. min.	Elettr.	POT. v.A.	PESO Kg	D mm	D1 mm	D2 mm	D3 mm	H mm	Mgr mm
161	6000	1	173	11	177	205	140	M 6	180	M 8
161 E	6000	1	173	11,5	180	205	140	M 6	196	M 8
261 E	6000	1	330	20	222	255	173	M 6	196	M 10
361	6000	1	330	30	289	350	240	M 6	212	M 10
331	3000	1	440	30	289	350	240	M 8	212	M 10
461	6000	1	330	66	406	460	345	M 8	212	M 10
462	6000	2	660	69	406	460	345	M 10	212	M 10
431	3000	1	600	66	406	460	345	M 10	248	M 10
531	3000	1	600	147	476	512	410	M 10	263	M 12
532	3000	2	1200	157	476	512	410	M 10	363	M 12
634	3000	4	1760	420	700	750	570	M 12	350	M 12

■ Forniture personalizzate su richiesta.



SOLUZIONI  
di asservimento

DECA S.r.l.  
Via Paolo Vitalba 9/c - 23801 Calolziocorte (LC) - Italy  
Tel. +39 0341 632080 - Fax. +39 0341 608154 - info@decasrl.biz - www.decasrl.biz

PRODOTTI personalizzati

Figura 69: Vibro-alimentatore per asservimento molle della Deca S.r.l

Come si vede dalle figure, la soluzione proposta è quella di un vibro-alimentatore formato da due componenti principali:

- Base vibrante circolare, diametro 180mm a 6000vibrazioni;



- Contenitore a gradini inox diametro 200/250mm
  - o Personalizzazione in base alle dimensioni, inviate alla Deca S.r.l, della molla.

Altre caratteristiche:

- Orientamento: incolonnate con “V” verso il basso;
- Cadenza: 6 pz/min;
- Senso di rotazione: da definire in fase d’ordine;
- Stato dei pezzi: asciutto-pulito-non lubrificato-senza bave-intolleranza;
- Materiale: AISI 301;
- Verniciatura RAL: da definire in fase d’ordine.

In particolare, la cadenza risulta quella definita da Hallite in base alla velocità media con cui l’operatore può presumibilmente effettuare manualmente le operazioni come da istruzione ed al miglior asservimento della molla. Rispetto alla cadenza stimata al par 5.4 esisterebbe già un netto miglioramento, considerando inoltre potenziali interruzioni del processo per ovvi motivi di attenzione e perdita di efficacia dell’operatore.

#### [<sup>5</sup>Trasportatori di minuteria AVITEQ](#)

Di seguito, invece, viene riportata una diversa soluzione per l’asservimento delle molle ricercata durante un benchmarking di prodotto. Si tratta di trasportatori di minuteria muniti di una slitta e di un sistema vibrante che consente il moto lineare delle molle.



Figura 70: Trasportatori lineari di minuteria

---

<sup>5</sup> [http://www.aviteq.de/it/products/drives/small\\_conveyor.html](http://www.aviteq.de/it/products/drives/small_conveyor.html)

### Struttura e funzionamento

I trasportatori di minuteria sono sistemi di oscillazione bi-massa opportunamente sintonizzati per l'impiego vicino alla risonanza. L'azionamento comprende gli elementi che generano l'oscillazione, come elettromagnete e pacco molle. L'ampiezza di oscillazione (doppia ampiezza) stabilisce l'altezza massima del micro-lancio, e dunque la velocità di trasporto teorica. Il volume effettivamente trasportato dipende in sostanza dalla sezione di convogliamento, dal peso specifico apparente e dalla propensione al trasporto delle molle. Il motore del trasportatore per minuteria è collegato mediante avvitaamento all'utenza, ad esempio canale o binario, e può essere quindi facilmente scollegato. Il motore del trasportatore per minuteria poggia su tamponi di gomma, i quali impediscono la trasmissione delle oscillazioni all'ambiente.

Il valore aggiunto, perciò, che un sistema del genere genera in tale processo è da attribuirsi più che altro in una maggior facilità di afferraggio della molla il quale non avverrebbe direttamente dal contenitore evitando così ulteriori perdite inutili di tempo nel distacco di molle incastrate. C'è da considerare, d'altra parte, il fatto che si tratta di un acquisto di un prodotto dedicato soltanto a tale tipologia di molla, dal costo di 5800euro + iva (della Deca S.r.l), e che quindi occorrerebbe aver dei dati in input circa le previsioni delle quantità di Special Rod Optiseal® di cui il cliente in futuro abbia necessità per non aver ricarichi eccessivi sul costo unitario totale. Inoltre, in tale configurazione, il vibro-alimentatore, qualsiasi versione esso sia (a livello di combinazione dei due componenti principali, rispettando comunque le specifiche della molla come selettori del cilindro contenitore), dovrebbe esser utilizzato in combinazione ad altri componenti/dispositivi che permettono un'efficacia ed efficienza senz'altro maggiore del processo. La versione con slitta può potenzialmente rappresentare una scelta migliore rispetto a quella della Deca S.r.l dal punto di vista del costo d'acquisto, ma non si tratta di un vero e proprio vibro-alimentatore in quanto non prevede al suo interno sistemi di selezione dei componenti da asservire, rischiando così che, nella fattispecie, le molle rimangano posizionate in modo non idoneo per un corretto, efficace ed efficiente afferraggio.

Nei paragrafi successivi vengono descritte alcune possibili soluzioni per un afferraggio migliore.

### **7.3.2 Sistemi robotizzati**

Si tratta di macchinari robotizzati che effettuerebbero l'operazione d'installazione in modo automatico e programmabile. Tutti i sistemi descritti sotto sono, però, accomunati dal fatto che

l'operazione di asservimento sul macchinario dev'esser effettuata manualmente anche se, vengono presentati dei metodi di ottimizzazione nonostante una buona componente umana nella procedura.

### Piastra polimerica forata su guida

L'idea è quella di realizzare internamente una piastra avente dei fori per il posizionamento preventivo di jacket e molla e far scorrere tale piastra su due guide aventi orientamento a 90° tra esse in modo da avere due dimensioni come gradi di libertà, posizionando tutto il sistema appena al di sopra del tool inferiore, che in tal caso verrebbe a modificarsi. Le superfici dei tools che fanno da guida per il centraggio del dente del tool superiore con la cava della molla verrebbero incorporati dalla piastra stessa, la quale avrebbe tale conformazione.

- Cambiamenti da apportare rispetto la situazione l' AS-IS
  - o Leggera modifica al tool superiore (restringere la guida);
  - o Tool inferiore non necessario in quanto sostituito dall'alloggiamento ottenuto nelle cave cilindriche della piastra;
- Criticità di processo
  - o Reperimento slitte idonee alle specifiche interne;
  - o Rilevazione del punto di riferimento iniziale (lo "0 pezzo") da cui iniziare a programmare i movimenti della guida e le soste);
  - o Programmazione slitte.

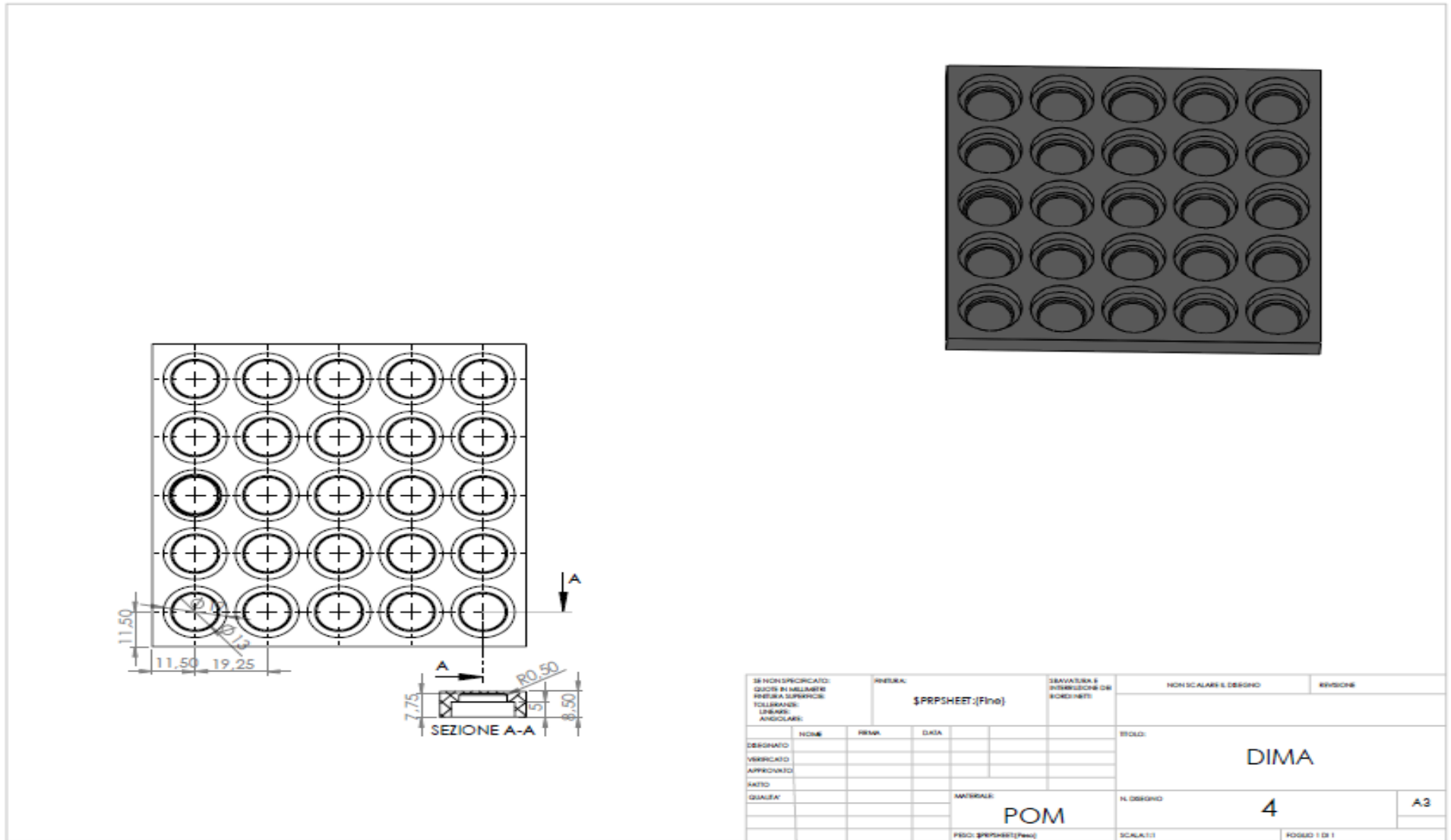


Figura 71: Piastra per pre-assemblaggio Optiseal

## Mini robot a portale

Sostituzione della puntatrice con un robot a portale di simili dimensioni, configurato attraverso il montaggio del tool superiore come gripper dell'end - effector), così che la torretta possa scorrere in 3 direzioni ortogonali tra loro, ponendo un pallet porta-componenti del tutto simile alla piastra sopra descritta all'interno dell' area di lavoro del robot così da poterla anche fissare e rendere facile la programmazione del robot.

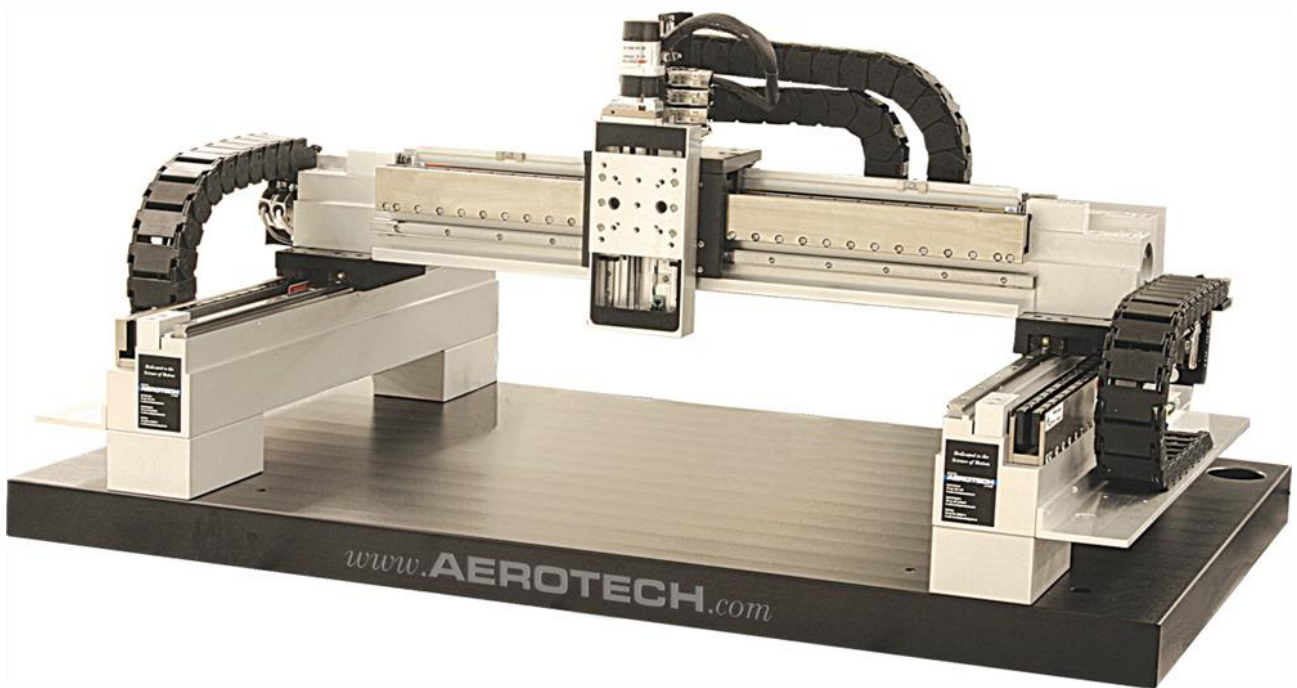


Figura 72: Mini-Robot a portale della Aerotech.

- Considerazioni
  - Capacità produttiva dipendente dall'area di lavoro del robot;
  - Miglioramento evidente rispetto l'ipotesi precedente in quanto il processo è più automatico;
  - Necessità di conoscenza e capacità di programmazione robot, anche se il background è idoneo.
- Stima capacità produttiva
  - Area di lavoro:  $500 \times 500 \text{ mm}^2$
  - Area che delimita un montaggio (considerando un quadrato di lato =  $2 \times$  diametro massimo guarnizione):  $607,13 \text{ mm}^2$
  - N° montaggi considerando la massima area di lavoro (quindi una piastra di uguale area): 411 pz
  - Massima velocità di tal robot: 3m/s
  - Tempo di primo appostamento (considerando la posizione neutra del portale) +

- tempo operativo (discesa e risalita):  $3s+1s$
- Tempo d'appostamento e operativo per le successive operazioni: 2s
- Tempo macchina per lotto (cioè N° max prodotti installabili in base all'area di lavoro):  $824s = 824/3600 [h] = 13m40s$
- Tempo di posizionamento componenti (considerando che l'operatore metta 411 PTFE e 411 molle su di essi senza fermarsi) :  $5s*411 = 2055s = 35m$
- Tempo totale per lotto: 49 minuti
- Cadenza media oraria:  $3600/(2055+824) *411 = \underline{513 \text{ pz[h]}}$

Tale cadenza produttiva, considerando ancora la forte incidenza dell'operatore, è nettamente migliorata, anche a livello qualitativo (il centraggio e quindi installazione avviene in maniera molto più precisa visto che tali robot presentano risoluzione maggiore del micron).

Se considero una produttività dell'operatore di 1h (quindi anche eventuali stop) la cadenza media si abbassa a circa 330 pz (comunque molto superiore alla precedente).

Di seguito, invece, viene riportato un altro esempio di sistema automatico avente caratteristiche simili e dimensioni di lavoro uguali del modello Aerotech sopra, ma programmabile tramite teach pendant.

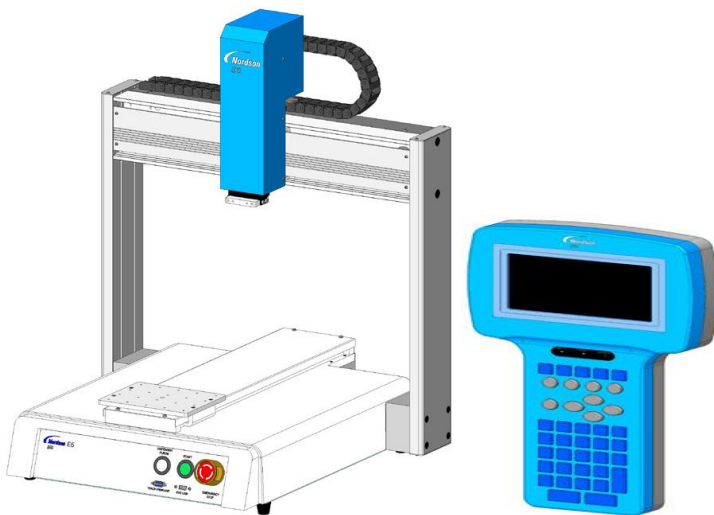


Figura 73: Sistema automatizzato Nordson + teach pendant

### Attuatore lineare elettrico con cilindro elettrico

Si tratta di una soluzione simile a quella del robot a portale, ma molto più economica. Riscontra molte similarità con la puntatrice attuale, ma qui la presenza dell'attuatore rende programmabile il posizionamento e la cadenza, quindi la produttività.



### Configurazioni IK con Robot-cilindri

Gli assi di alcune serie possono essere combinati in configurazioni standard a 2 o 3 assi fino ad aree utili di 100X400X300 [mm], sia con motorizzazioni passo - passo che con servomotori AC.

Il controller, standard, gestisce completamente il movimento interpolato, con capacità di memoria di 1500 posizioni e 2000 passi di programma.

I sistemi sono completi di staffe, piastre di montaggio, catene porta cavo, relativi supporti e di tutto il necessario per il montaggio del robot (viti, cover ...).

Gli assi che lo costituiscono presentano diverse combinazioni realizzando posizioni differenti dell'area utile di lavoro rispetto alla posizione degli stessi.

Le configurazioni possibili sono:

XY – con asse Y montato dalla base

XZ – con asse Z montato di testa dalla parte opposta del motore

YZ a croce – con asse Z montato dalla base

XYZ – con assi Y e Z montati dalla base

Figura 74: Attuatore a 2 assi

## **7.4 Sensori per controllo processo installazione molle**

Nel tentativo di effettuare un'attività di identificazione e rintracciabilità delle operazioni di installazione delle molle all'interno dei jackets è stato effettuato uno studio sulla possibilità di prevedere sensori in grado sia di rilevare l'avvenuta installazione sia il conteggio progressivo.

Lo studio ha riguardato, nella fattispecie, le varie tipologie di sensori adatti alle specifiche da rispettare e la particolare configurazione che devono prevedere per effettuare le rilevazioni in modo conforme ed efficiente.

#### **7.4.1 Microinterruttori**

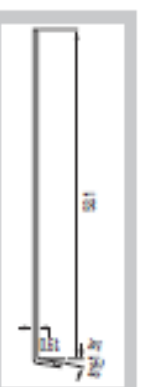
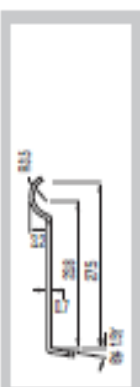
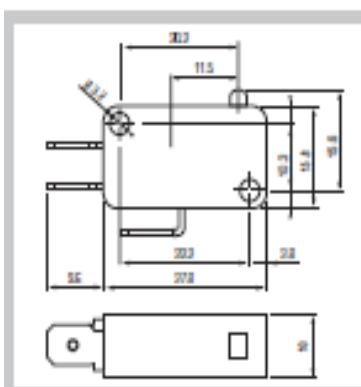
Si tratta di semplici sensori di contatto formati da un corpo principale, una leva di azionamento ed un pulsante: il funzionamento consiste nel rilevare la presenza/contatto del tool superiore su quello inferiore attraverso l'abbassamento della leva attivando quindi il pulsante sottostante permettendo di rilevare l'avvenuto contatto tramite l'accensione del LED. Collegando il microinterruttore a pc e server si possono visualizzare i dati in output dal sensore.

In base ai prodotti a catalogo del potenziale fornitore "Giovenzana Italia", la configurazione di microinterruttore idonea alle specifiche è quella avente la leva più lunga del corpo del sensore stesso come la MFI.4. Tale microinterruttore verrebbe posizionato in corrispondenza della superficie del tool inferiore adibita alla sovrapposizione delle guide durante l'installazione, così da permettere l'azionamento della leva e quindi del pulsante. Per raggiungere un'efficacia adeguata, occorre calcolare l'esatto posizionamento considerando il percorso e la sovra-corsa della leva.





- Contatti in commutazione
- Funzionamento a scatto rapido ad alta affidabilità
- Contatti autopulenti in lega di Ag
- Contatto NC ad apertura positiva ☞
- Disponibili in 7 tipi di azionamento
- Omologazioni:



		PULSANTE	LEVA A RULLO LUNGA	LEVA DORATA	LEVA A RULLO	LEVA LUNGA	LEVA	LEVA CORTA
1NC-1NO A scatto rapido ☞		0.8x6.3						
		MFI	MFI.1	MFI.2	MFI.3	MFI.4	MFI.5	MFI.6
Forza di scatto	N	4,5	3,2	3,2	4,5	1,3	3,2	4,5
Forza di rilascio	N	1,9	1,2	1,2	1,9	0,15	1,2	1,9
Precorsa max PT	mm	1,4	3,3	3,3	1,4	7,6	3,3	1,4
Sovracorsa min	mm	0,8	0,8	0,8	0,6	2,2	0,8	0,6
Posizione di scatto OP	mm	14,4±0,4	21,8±1,2	18,9±1,2	20±0,6	15,2±1,2	15,2±1,2	15,1±0,5

### CARATTERISTICHE GENERALI

Conformità alle norme	IEC/EN61058, UL1054
Tensione nominale di isolamento $U_i$	250V
Tensione nominale di tenuta a impulso $U_{imp}$	1500V
Corrente nominale termica $I_{th}$	8A
Corrente nominale di impiego $I_e$	8A - 250V carico resistivo, 3A - 250V carico induttivo
Temperatura ambiente	-25 +85
Protezione contro shock elettrici	Classe II
Grado di inquinamento	2
Durata	Meccanica $10^6$ , elettrica $5 \times 10^6$
Connessioni	A spina lamellare 6.3x0.8

Figura 75: Microinterruttore a leva lunga Giovenzana

## 7.4.2 Celle di carico

Si tratta di sensori piezoelettrici, quindi a contatto, che rilevano la forza d'impressione sulla superficie della cella stessa attraverso la deformazione degli elementi piezoelettrici che la compongono. Successivamente, attraverso un amplificatore e convertitore si possono ottenere i valori di forza con cui il tool superiore ha effettuato la battuta su quello inferiore. Le celle di carico della KISTLER presentano le seguenti caratteristiche.

Technical Data								
	Type	9101A	9102A	9103A	9104A	9105A	9106A	9107A
Measuring range $F_z$ <sup>1)</sup>	kN	0 ... 20	0 ... 50	0 ... 100	0 ... 140	0 ... 190	0 ... 330	0 ... 700
Overload $F_z$ <sup>1)</sup>	kN	25	60	120	160	210	360	770
Max. bending moment $M_x, M_y$ <sup>2)</sup>	N·m	21	86	217	380	617	1 326	4 229
Rigidity $c_z$	kN/ $\mu$ m	$\approx$ 1,6	$\approx$ 3,4	$\approx$ 5,4	$\approx$ 6,9	$\approx$ 9,8	$\approx$ 15	$\approx$ 29
Capacitance C	pF	23	37	54	65	64	148	203
Weight	g	7	20	36	70	80	157	370
Dimensions								
d	mm	6,5	10,5	13	17	21	26,5	40,5
D	mm	14,5	22,5	28,5	34,5	40,5	52,5	75,5
H	mm	8	10	11	12	13	15	17
General Data								
Sensitivity <sup>1)</sup>	pC/N				$\approx$ -4,3			
Linearity incl. Hysteresis <sup>3)</sup>	% FSO				$\leq$ $\pm$ 1,5			
Threshold	N				<0,01			
Insulation resistance	$\Omega$				$\geq$ 5·10 <sup>13</sup>			
Temperature coefficient of sensitivity	%/ $^{\circ}$ C				-0,02			
Operating temperature range	$^{\circ}$ C				-40 ... 120			
Degree of protection according to EN6052								
with cable connected					IP65			
with cable Type 1983AD... and welded sensor					IP67			

<sup>1)</sup> without pretension  
<sup>2)</sup>  $F_v$  = pretension = 0,5 · measuring range;  $F_z = 0$   
<sup>3)</sup> With a preload of 20 % of the measuring range

**Sensor Mounting with Pretensioning Set Type 9422A...**

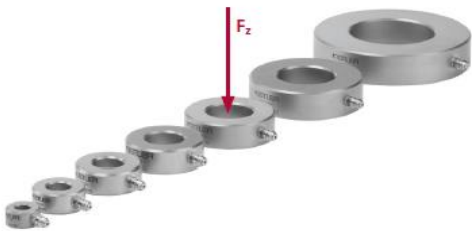


Figura 76: Celle di carico KISTLER

Il modello d'interesse - considerando che la pressione d'installazione molle è settata a 2 bar (anche se sono sufficienti anche 0,5) corrispondente a 62kN per la superficie dei tools – sarebbe il 9103A. Le caratteristiche dimensionali di tale modello, d'altra parte, imporrebbero una modifica di alcune

dimensioni del tool superiore in quanto la battuta sul tool inferiore avverrebbe in una posizione radialmente più distante rispetto a quella corrente. Il posizionamento della cella farebbe sia da superficie esterna per un alloggiamento più sicuro del jacket sia da guida di centraggio al tool superiore. Occorre, d'altra parte, fissare la posizione della cella con la guida del tool inferiore. A differenza del microinterruttore, la cella di carico fornisce un'informazione più approfondita circa la registrazione dell'avvenuta installazione. Infatti, oltre a rilevare l'effettuazione dell'accoppiamento dei tools, indica se esso è stato realizzato efficacemente o meno: nonostante la natura discreta dei valori di pressione della puntatrice, in tal modo si possono rilevare eventuali anomalie della macchina stessa, in ottica inoltre di una futura maggior automatizzazione del processo prevedendo sempre più marginale l'intervento di un operatore che, invece, nella situazione AS-IS può prontamente verificare visivamente l'avvenuta installazione della molla. Ciononostante, la soluzione del microinterruttore è quella sicuramente molto più economica, che non comporta modifiche sostanziali nella configurazione dei tools e che offre un valore aggiunto simile a quello della cella di carico.

## **7.5 PTFE: trattamento criogenico**

In questo capitolo viene approfondito il discorso relativo al materiale della barra in input al processo di tornitura ed ai trattamenti che esso può subire per migliorare le sue qualità. Ciò viene effettuato nel tentativo di ricercare eventuali cause profonde, relative alle non conformità riscontrate in produzione, andando a valutare le modifiche che il materiale subisce durante i processi ai quali è sottoposto sia durante le lavorazioni effettuate dal fornitore Guarniflon sia in Hallite e come esse influenzino la conformità del jacket. Considerando successivamente azioni preventive da effettuare. In particolare, viene approfondita la tematica sul trattamento criogenico applicato al TFM PTFE, andando in prima istanza a valutare i risultati ottenuti dagli studi forniti dalla letteratura scientifica. In pratica, viene approfondita maggiormente la parte MATERIALS della root cause analysis, più precisamente andando ad indagare sul parametro "deformabilità" del PTFE: tale caratteristica rende il materiale più morbido e quindi più difficilmente esente da bave causa surriscaldamento. Poiché gli studi e i riferimenti vengono in primis applicati ai materiali metallici, viene colta l'occasione per valutare anche il comportamento degli utensili utilizzati durante la tornitura jacket.

## 7.5.1 Caratteristiche trattamento criogenico<sup>6</sup>

### Cenni storici

Utilizzato in URSS in ambito militare, il trattamento si diffonde negli anni 80 negli USA sugli utensili per lavorazioni a freddo, e quindi nelle applicazioni ad alte prestazioni: Nascar, Formula 1, Superbike. Oltre ad abbattere gli stress, il trattamento criogenico permette di ottenere una superficie più uniforme, minori variazioni dimensionali, dunque meno distorsioni. Il trattamento criogenico di utensili da taglio e altri utensili soggetti ad usura è stato applicato con successo nella lavorazione dei metalli e negli ultimi anni la scienza è in grado di spiegare cosa accade alla microstruttura dei materiali trattati.

### Effetto Martensitico

L'austenite ha un cristallo irregolare. La martensite ha invece una forma di aggregazione più regolare, che conferisce all'acciaio durezza, resilienza e resistenza a fatica. Per ottenere martensite si esegue la tempra. Dopo la tempra, nel materiale ci sono tensioni residue dovute alla struttura martensitica non 'fissata'. Grazie al trattamento criogenico e la conseguente più fine precipitazione dei carburi, è possibile rimuovere queste tensioni e completare la trasformazione. Di base il materiale ha 70/80% di martensite. Il trattamento criogenico fornisce il 99.9% di martensite. Il trattamento fornisce ai metalli più compattezza. Alla base vi è la contrazione che il reticolo tetragonale della martensite, soprassaturo di atomi di C, subisce durante il raffreddamento. Gli atomi di carbonio vengono sospinti fuori dai propri siti interstiziali e messi nelle condizioni preferenziali per la precipitazione di carburi nel successivo ritorno dalla temperatura criogenica a quella ambiente.

### Riposizionamento molecole

A temperature così basse le molecole sono quasi ferme rispetto all'agitazione termica che le caratterizza a temperatura ambiente. In questo stato di 'calma' il reticolo molecolare si ridistribuisce, "riparando" eventuali disposizioni non corrette dovute alle lavorazioni subite. Il materiale finale è più compatto rispetto a quello di partenza e le sue caratteristiche meccaniche sono migliorate. Agisce su tutto il componente non solo sulla superficie. Analisi microstrutturali hanno confermato quanto descritto.

### Eliminazione Stress

Le lavorazioni dei materiali creano degli stress interni. Ad esempio ci sono zone in cui il materiale si incrudisce. Il criogenico elimina questi sforzi residui interni. Risultati ottimi si sono ottenuti sulle

---

<sup>6</sup> [www.crvotechsrl.com](http://www.crvotechsrl.com)

leghe di alluminio e di tungsteno per poi essere estesi a tutti i materiali non ferrosi configurando il trattamento come "medicina" per tutti i materiali metallici. Il criogenico cambia l'anima dei materiali, modifica in profondità il tessuto molecolare.

### Riduzione della frizione e dell'attrito

E' stato osservato che lo spessore della superficie da lucidare di un materiale trattato criogenicamente contro uno non trattato è ridotta di circa metà. Una superficie più liscia è caratterizzata da una riduzione del numero delle microscopiche cavità e solchi. Minori cavità, picchi e solchi significano una riduzione delle asperità di contatto, contribuendo alla diminuzione dell'attrito e del numero di interstizi dove si posiziona lo sporco.

### Modifica delle proprietà meccaniche

Il trattamento conferisce all'acciaio, ai metalli non ferrosi, e alle leghe una modifica delle proprietà meccaniche. Si ottiene una microstruttura più omogenea, è requisito indispensabile per l'ottenimento di elevata tenacità, proprietà che conferisce elevata resistenza alla fatica ed allo shock termico. Migliora le performance, riduce l'usura, allunga la durata, le tensioni interne quasi si annullano. I motori di auto e moto sottoposti al trattamento fanno più giri, durano fino a quattro volte di più e la loro potenza aumenta: il criogenico cambia l'anima dei materiali, modifica in profondità il tessuto molecolare. Si tratta di mutazioni - a cominciare dall'abbassamento dell'energia cinetica - che forniscono vantaggi considerevoli: maggiore durata e resistenza all'usura, aumento della capacità di trazione, minore tendenza alla creazione di microfratture. Nelle lavorazioni a freddo si è osservato un aumento della vita in esercizio. Trattamento criogenico su acciaio da utensili: elevata resistenza all'usura e tenacità. Interessanti indicazioni derivano dai valori di tenacità misurati attraverso prove in flessione di meccanica della frattura. E' evidente come questa tecnologia porti benefici agli stampi. Il grado di danneggiamento dell'acciaio può essere valutato sulla base della densità di cricche, della loro lunghezza media, ed alla lunghezza della cricca più profonda. Il prodotto di queste tre grandezze consente di classificare il comportamento di diversi materiali. Da i dati emerge il miglior comportamento del materiale dopo trattamento criogenico, il quale evidenzia sostanzialmente una densità delle cricche inferiore. Prove tribologiche in condizioni di rotolamento strisciamento (10%) realizzate in configurazione di prova disco contro disco hanno confermato in laboratorio l'efficacia del trattamento criogenico nel ridurre il danneggiamento per usura meccanica del materiale.

- Completa trasformazione dell' austenite in martensite.
- Riduzione delle tensioni interne nella martensite e conseguente minore tendenza alla formazione

di microfratture.

- Formazione di carburi finemente dispersi in maniera omogenea nella matrice martensitica e ottenimento di strutture più dense.
- Eccezionale incremento della resistenza all'usura.
- Aumento della tenacità e resistenza a trazione.
- Effetto permanente (non richiede di essere ripetuto) e sull'intero componente (non solo sulla superficie).
- Può essere eseguito dopo i trattamenti termici usuali.
- Maggiore durata degli utensili trattati e riduzione dei costi d'esercizio fino al 50%.

### 7.5.2 Studi sul trattamento criogenico

In questo paragrafo, a conferma e come approfondimento di quanto esposto al paragrafo precedente, sono stati analizzati i principali studi effettuati inerenti agli effetti del trattamento criogenico sulle caratteristiche del PTFE in un arco temporale comprendente gli anni 2000-2016.

#### G. Theiler a,\*, W.Hu"bner a, T. Gradt a, P. Klein b, K. Friedrich b<sup>7</sup>

Nello studio condotto "Friction and wear of PTFE composites at cryogenic temperatures" sono state analizzate essenzialmente le caratteristiche di attrito e usura al variare della temperatura, velocità del tribometro e liquido refrigerante per due particolari composti di PTFE, uno avente il 10% Ekonol® e il secondo con 30% di bronzo.

Parametri sperimentali:

- Carico normale: 50N
- Velocità disco: 1m/s e 0,2m/s
- Distanza percorsa dal disco: 2000m
- Liquidi refrigeranti: azoto liquido (77K), elio liquido (4,2K), elio gassoso (77K)
- Apparecchi utilizzati: vasca, scambiatore di calore (solo per elio gassoso).

---

<sup>7</sup> G. Theiler a,\*, W.Hu"bner a, T. Gradt a, P. Klein b, K. Friedrich b

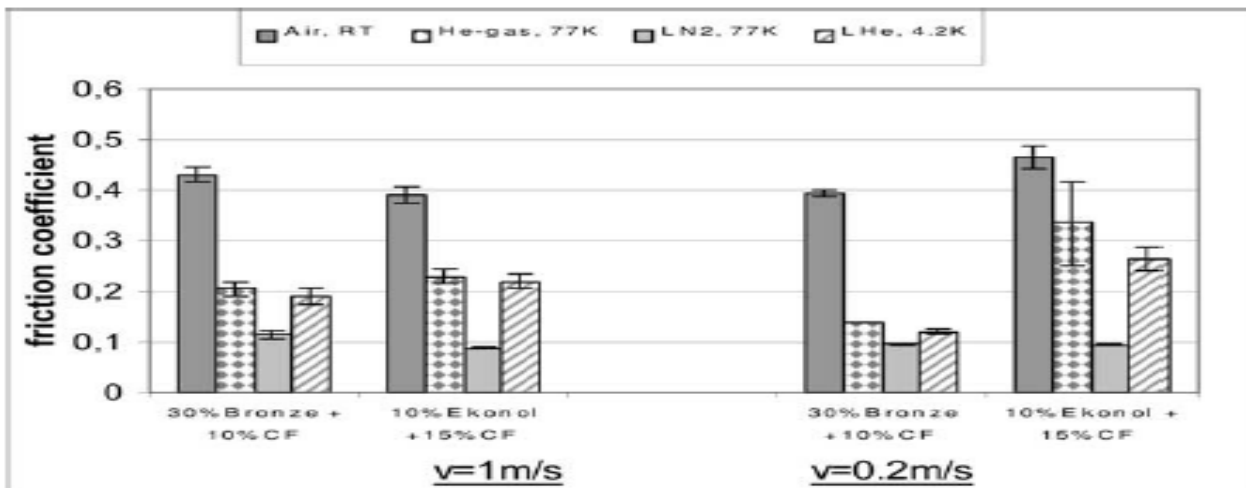


Fig. 2. Coefficient of friction of PTFE matrix composites at RT, at  $T=77$  K in He-gas and in  $LN_2$ , and at  $T=4.2$  K in LHe ( $F_N=50$  N;  $s=2000$  m).

Per quanto riguarda il coefficiente d'attrito, alla velocità di 0,1m/s si nota un abbassamento non lineare in tutti i casi eccetto che in elio liquido, dove esso risulta più alto rispetto all'azoto liquido e quasi uguale rispetto all'elio gassoso. Alla velocità di 0,2m/s, invece, si nota un abbassamento dell'attrito in tutti i casi (eccetto a temperatura ambiente) ed il divario in ambiente gassoso e liquido aumenta. Si evidenzia inoltre che, in tutti i casi, il coefficiente più basso è circa uguale e attorno al valore 0,1.

L'abbassamento del coefficiente d'attrito conferisce maggior durezza grazie all'annullamento delle tensioni interne che si generano durante le lavorazioni di ottenimento delle barre per estrusione, ma ciò non è coerente nel caso dell'elio liquido. In tal caso, il comportamento è da imputare proprio al tipo di elemento refrigerante utilizzato: poiché al di sotto di 77K le performance dell'elio nel conferimento di maggior durezza e abbassamento del coefficiente d'attrito praticamente si arrestano, il disco genera soltanto calore nel suo moto d'avanzamento fino a raggiunger la distanza di 2000m, il quale viene trasferito al mezzo circostante creando gas nel film di contatto tra disco e materiale così da fare quasi da isolante. In tal modo, l'attrito ottenuto al di sotto dei 77K, a parità di refrigerante (cioè elio liquido) non varia.

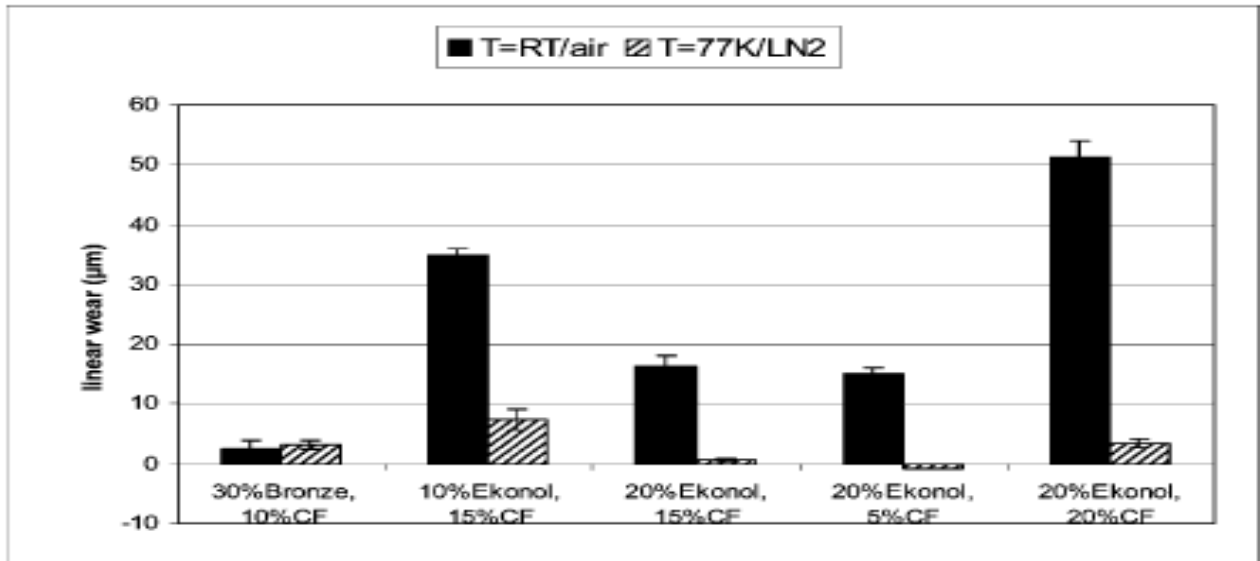
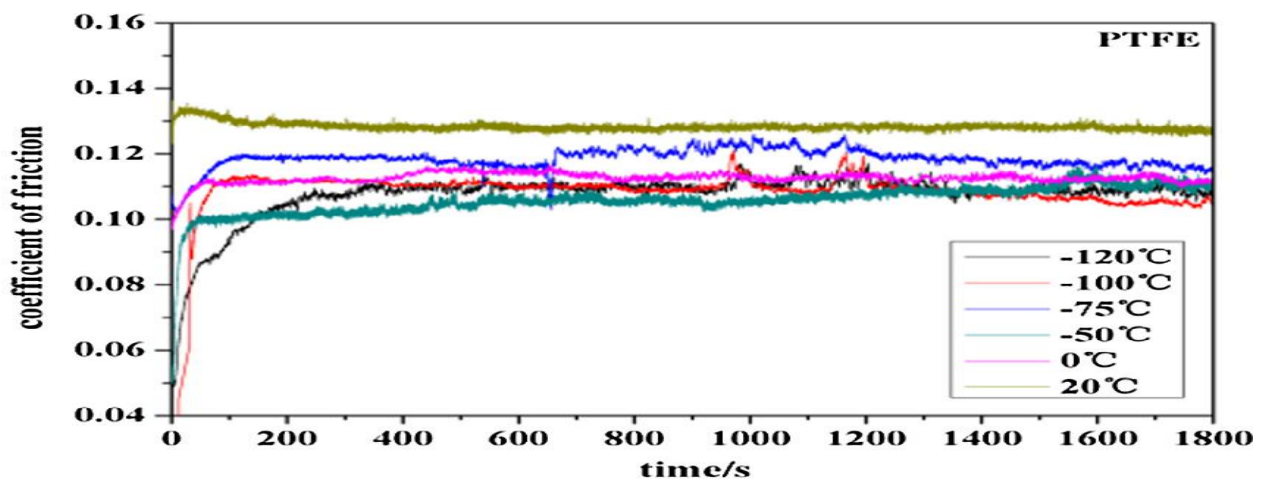


Fig. 4. Linear wear of PTFE matrix composites at RT and in LN<sub>2</sub> ( $F_N=50$  N;  $v=0.2$  m/s;  $s=2000$  m).

Relativamente al tasso di usura, contrariamente al coefficiente d'attrito, dipende in maggior misura dal materiale. Eccetto il caso del PTFE bronzo in cui si ha addirittura un lieve peggioramento dell'usura, negli altri casi si osservano comportamenti vicini alla linearità rispetto ai rispettivi valori a temperatura ambiente. Analizzando al microscopio le superfici ottenute si può notare come la relazione tra il disco e il PTFE è prima quella di adesione e successivamente decade ad abrasione diminuendo così il tasso d'usura.

[Qihua Wang a, Fei Zheng a,b,†, Tingmei Wang a<sup>8</sup>](#)

Con lo studio “Tribological properties of polymers PI, PTFE and PEEK at cryogenic temperature in vacuum” si vanno ad analizzare maggiormente gli effetti della temperatura sull'attrito ed usura.



<sup>8</sup> [Qihua Wang a, Fei Zheng a,b,†, Tingmei Wang a](#)



Il comportamento dell'attrito è essenzialmente lo stesso per tutte le temperature osservate. A  $-75^{\circ}\text{C}$ , in particolare, si nota l'attrito più alto. Questo perché, riprendendo le evidenze dello studio precedente, aumenta la durezza e quindi diminuisce la superficie di contatto tra il disco e il materiale.

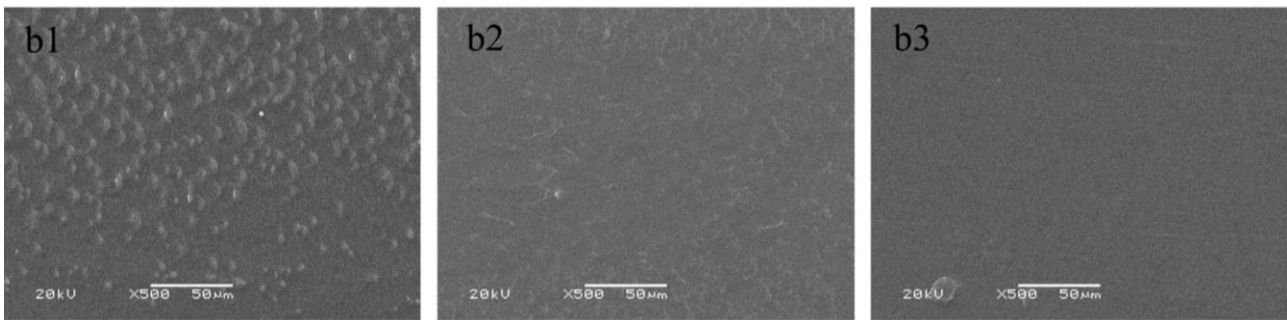
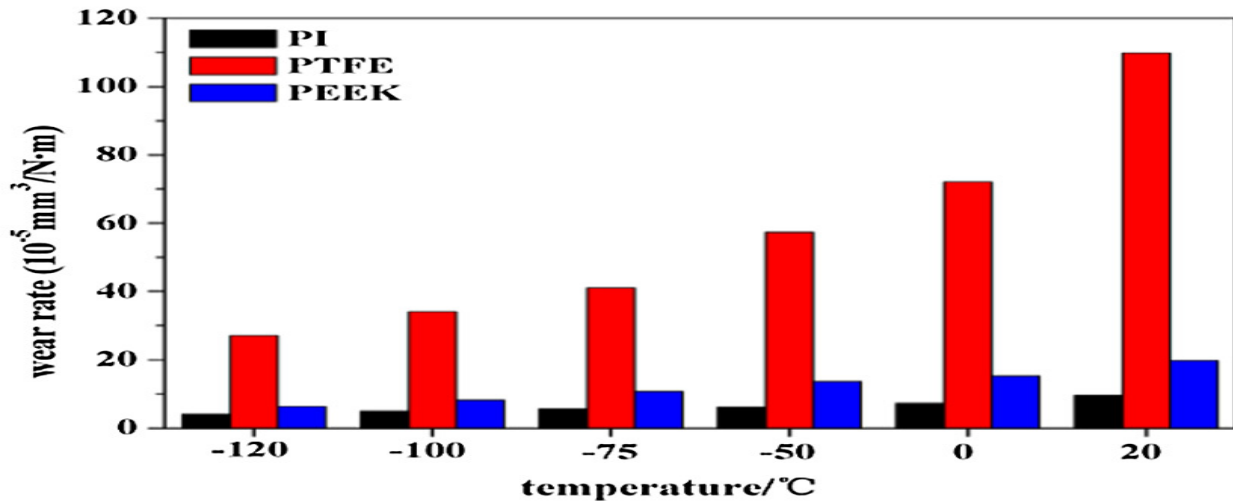


Figura 77: Usura superficie rispettivamente a  $-120^{\circ}\text{C}$ ,  $-50^{\circ}\text{C}$  e  $20^{\circ}\text{C}$

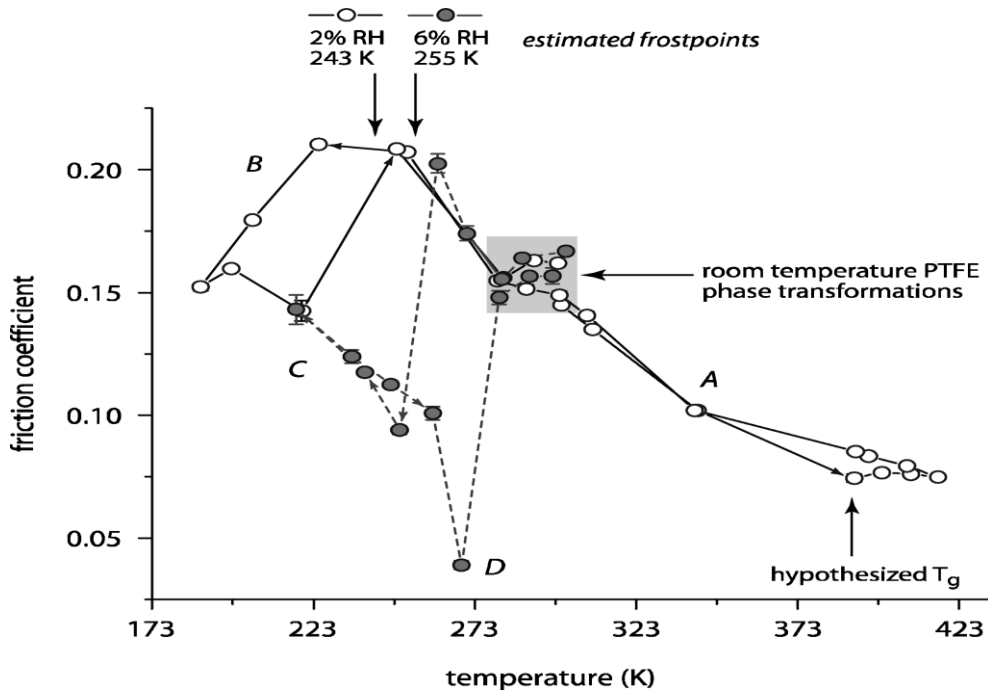
Relativamente all'usura, si osserva un miglioramento lineare nel PTFE ma, d'altra parte una forte adesione come si vede in figura sopra. Inoltre, aumentando la velocità del disco l'attrito aumenta ma l'usura diminuisce, mentre aumentando il carico diminuisce l'attrito. In tale studio, c'è da segnalare la grossa componente di adesione del PTFE nel confronto con PEEK e PI.

### D. L. Burris<sup>9</sup>

Nello studio "Investigation of the Tribological Behavior of Polytetrafluoroethylene at Cryogenic Temperatures" si ha una diversificazione inerente alle risorse e procedure utilizzate per l'effettuazione degli esperimenti. Gli studi tribologici sopra esposti hanno la caratteristica di indagare i comportamenti dei materiali alle temperature criogeniche, senza analizzare il transitorio, attraverso dei dischi o sfere d'acciaio che influenzano non poco i risultati dei test. Per ridurre al minimo le perturbazioni offrendo quindi risultati con incertezza bassissima (dell'ordine dell' 1%

<sup>9</sup> D. L. Burris

sul coefficiente nominale dell'attrito), è stato utilizzato un cilindro pneumatico controllato da un'elettrovalvola come carico, cella di carico a 6 canali per misurare forze e momenti e un sensore LVDT che misura l'usura attraverso gli spostamenti del cilindro magnetico al suo interno in concordanza alla superficie del campione di PTFE (vergine in tal caso).



Il grafico sopra rappresenta, perciò, il ciclo di temperatura cui il campione di PTFE è stato sottoposto. Dalla temperatura iniziale di 299K, subisce un innalzamento fino a 416K dove il coefficiente d'attrito diminuisce costantemente fino al valore di 0,0749; al successivo raffreddamento si nota inizialmente una piccola isteresi, probabilmente causata dall'usura raggiunta a tal temperatura, ed un aumento dell'attrito quasi costante: ciò è spiegato, nello studio, con la presenza di agenti di contaminazione dell'acqua formata dall'umidità, anche se non esistono differenze sostanziali tra 2% e 6% d'umidità quando la temperatura è al di sopra del frostpoint. Viceversa, al di sotto di tale punto, a causa della formazione di ghiaccio, si nota un netto decremento dell'attrito al 6% di umidità rispetto alla condizione del 2%. L'usura, invece, segue un andamento decrescente al di sopra e al di sotto del frostpoint (280K): tale trend è in accordo con gli altri studi criogenici tribologici che attestano una riduzione dell'usura a temperature di 77K.

### 7.5.3 Caratteristiche delle operazioni di tornitura

In questo paragrafo vengono espone alcune caratteristiche riguardanti operazioni che avvengono durante il processo di tornitura CNC, le modificazioni che subisce il materiale, linee guida per quanto riguarda il trattamento dei materiali sia da lavorazione sia degli utensili, fornendo inoltre suggerimenti di quali debbano esser gli utensili e gli inserti appropriati per la lavorazione di materie

plastiche. La fonte di tale linea guida è la società Ensinger<sup>10</sup>, trovata durante uno studio di benchmarking tra i possibili diversi fornitori di barre di TFM PTFE.

Nella linea guida sotto esposta si possono attuare le seguenti considerazioni inerenti alle specifiche di Hallite, da discutere eventualmente in un design review:

- Non utilizzare utensili in acciaio indurito poiché comportano lunghi tempi di lavorazione e quindi minore durata, consigliando utensili al carburo di tungsteno, ceramici o a punta di diamante;
  - o Revisione delle tipologie di utensili e inserti utilizzati;
- Operazioni di taglio da effettuare con seghe a nastro così da diffondere il calore generato su una superficie maggiore, utilizzando dei cunei di supporto; utilizzare una velocità elevata, con profondità di passata almeno di 0,5mm;
  - o Il PTFE TFM ha scarsissima conducibilità termica quindi, da questo punto di vista, non dovrebbero esistere problemi
- Utilizzare cunette per ovviare alla eventuale scarsa stabilità della barra.

---

<sup>10</sup> <http://www.ensinger.it/default.asp>

## Che ruolo gioca la tecnologia dell'estrusione nella lavorazione?

I processi di produzione esercitano un certo impatto sulle proprietà e la lavorabilità di un materiale. Ad esempio, i semilavorati plastici in PTFE o poliimmide possono essere prodotti tramite compressione e sinterizzazione, mentre la maggior parte degli altri materiali termoplastici viene prodotta mediante estrusione. In questo processo di trasformazione, i materiali vengono fusi, compressi e omogeneizzati tramite unavite in un cilindro riscaldato. Sfruttando la pressione risultante nel cilindro – e gli utensili adeguati –, i prodotti semilavorati vengono estrusi sotto forma di lastre, tondi e tubi, e calibrati tramite un sistema di raffreddamento.

### Impatto

- Si sviluppano tensioni interne
- Le fibre assumono un orientamento specifico (se presenti)

Ensinger offre un'ampia gamma di semilavorati plastici per ingegneria e materiali plastici resistenti alle alte temperature. Le materie plastiche standard completano il nostro portfolio. Tutti questi materiali vengono prodotti in modo da poter essere lavorati in maniera ottimale alle macchine utensili.

### Tensioni interne

La pressione risultante dal processo di estrusione produce un movimento di taglio e un flusso della massa fusa di materiale plastico. All'uscita dalla trafilatura, i semilavorati si raffreddano lentamente a partire dagli strati periferici fino al centro. La bassa conducibilità termica dei materiali plastici comporta diversi tassi di raffreddamento: mentre i bordi si sono già solidificati, il centro contiene ancora plastica allo stato liquido o fusa. Durante la fase di raffreddamento il materiale si ritira, ma la parte centrale non può contrarsi a causa dello strato rigido circostante.

### Impatto del processo tecnologico

- Tensioni interne (al centro) sono dovute al processo produttivo
- I semilavorati possono diventare difficili da lavorare
  - ↳ Rischio elevato di lacerazioni e fratture

### Possibili soluzioni

- Trattamento termico specifico per il materiale, per ridurre al minimo le tensioni interne (→ p. 19)

## Utensili e macchinari per la lavorazione della plastica

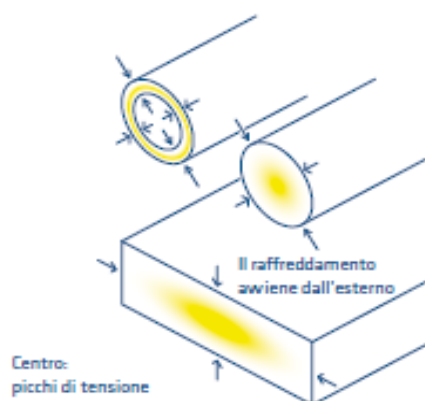
Per la lavorazione dei semilavorati plastici si possono utilizzare dei normali macchinari disponibili sul mercato per l'industria di lavorazione del legno e dei metalli, abbinati ad utensili in acciaio rapido (HSS).

Di norma, utensili con angoli di taglio come quelli usati per l'alluminio sono adatti. Raccomandiamo tuttavia l'uso di utensili speciali per materiali plastici, con angoli più acuti.

Utensili in acciaio indurito non dovrebbero essere usati per lavorare materie plastiche rinforzate, perché comportano lunghi tempi di lavorazione e la durata degli utensili è ridotta. In questo caso è consigliato l'uso di utensili al carburo di tungsteno, ceramici o a punta diamantata. Analogamente, seghe circolari dotate di lame con riporto al carburo sono l'ideale per tagliare la plastica.

### ⚡ Suggestioni

- Usare utensili specifici per i materiali plastici
- Usare una geometria di taglio adatta
- Utensili molto ben affilati



# Taglio



## Quali sono i processi di taglio più adatti per le parti in plastica?

I materiali plastici possono essere tagliati utilizzando una sega a nastro o una sega circolare. La scelta dipende dalla forma del semilavorato. Generalmente parlando, il pericolo maggiore è costituito dal calore generato dall'utensile durante la lavorazione della plastica e dal conseguente possibile danno al materiale. Per questo motivo bisogna usare la lama corretta per ogni forma e materiale.

### Seghe a nastro

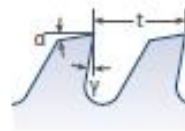
- Le più adatte per tagliare a misura barre tonde e tubi
  - Si suggerisce di utilizzare cunei di supporto
  - E' consigliabile usare lame affilate e con stradatura sufficiente
    - ↳ Buona rimozione del truciolo
    - ↳ Riduzione dell'attrito tra la lama ed il materiale, evitando un eccessivo accumulo termico
    - ↳ Si evita il bloccaggio della lama
- ⊕ **Vantaggi:**
- Il calore generato dal taglio viene ben dissipato grazie alla lama lunga
  - Le seghe a nastro consentono un'applicazione versatile per tagli diritti, continui oppure irregolari
  - Si ottiene una buona qualità del bordo tagliato

### Seghe circolari

- Adatte principalmente per tagliare a misura lastre, con tagli rettilinei
- Seghe circolari da tavolo possono essere usate (scegliendo la corretta trasmissione di potenza) per tagli rettilinei di lastre con spessori fino a 100 mm
- Le lame dovrebbero essere fatte di metallo indurito
- Utilizzare un avanzamento sufficientemente elevato ed una stradatura adeguata
  - ↳ Migliore asportazione del truciolo
  - ↳ Evita l'inceppamento della lama
  - ↳ Evita il surriscaldamento della plastica durante il taglio
  - ↳ Porta ad una buona qualità di taglio

### 🔧 Suggestioni

- Per seghe a nastro usare un dispositivo tenditore adatto:
  - ↳ Evita vibrazioni e dunque spigoli di taglio scheggiati o rotture
- Tagliare a caldo i materiali molto duri e rinforzati con fibre (pre-riscaldare a 80 – 120 °C)
- Le lame in carburo di tungsteno resistono bene all'usura e generano un'ottima finitura superficiale



- $\alpha$  Angolo di spoglia inferiore [°]
- $\gamma$  Angolo di spoglia superiore [°]
- t Passo [mm]

### Fattori chiave

**Verificare che vengano usate lame ben affilate e stradate quando vengono tagliati materiali plastici.**

## Qual è il modo migliore per lavorare le materie plastiche su un tornio? (tornitura)

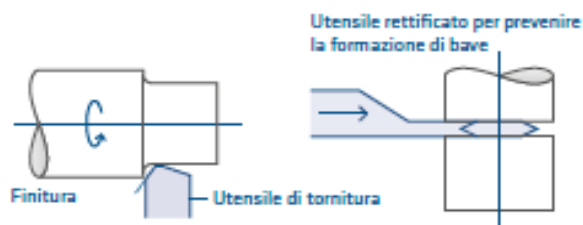
Le materie plastiche possono essere lavorate sui normali torni disponibili sul mercato. Tuttavia, per ottenere risultati ottimali, conviene usare utensili specifici per la plastica.

### Utensili da taglio

- Utilizzare utensili con piccoli raggi di taglio
- Per ottenere finiture di alta qualità usare lame provviste di utensili larghi e lisci
- Per lavorare pezzi flessibili utilizzare geometrie di taglio a coltello
- Usare geometrie opportune per il fissaggio
- Per troncare usare speciali geometrie a scalpello
- Tagliare circonferenze e superfici levigate
- ⊕ **Vantaggi:**
  - Superficie ottimale, priva di solchi
  - Riduzione dell'accumulo di materiale

### 🔗 Suggestioni

- Selezionare una velocità di taglio elevata
- Usare una profondità di taglio di almeno 0.5 mm
- L'aria compressa è molto adatta per il raffreddamento
- Usare una lunetta per ovviare alla bassa rigidità della plastica
  - ↳ Stabilizza il componente
  - ↳ Evita deformazioni
- ⊕ **Vantaggi:**
  - Buon raffreddamento del materiale
  - Evita la formazione di truciolo lungo che può generarsi con alcune materie plastiche. Si evitano l'inzeppamento e la rotazione del truciolo con il tornio.



## Consigli per la fresatura

I materiali plastici possono essere fresati utilizzando comuni centri di lavoro. Ciò dovrebbe essere fatto usando utensili dotati di uno spazio adeguato per il truciolo in modo da garantire lo scarico dello stesso ed evitare surriscaldamenti.

### Utensili

- Adatti per le resine termoplastiche
  - ↳ Fresa a disco per scanalature
  - ↳ Fresa per spianare
  - ↳ Fresa cilindrica
  - ↳ Utensili a tagliente singolo
  - ↳ Fly cutter
- Utensili a tagliente singolo
  - ⊕ **Vantaggi:**
    - ↳ Ottima performance media di taglio
    - ↳ Elevata qualità superficiale abbinata ad una buona rimozione del truciolo

### 🔗 Suggestioni

- Velocità di taglio elevata e avanzamento medio
- Garantire un buon fissaggio:
  - ↳ Un metodo rapido per il piano ed un'elevata velocità del mandrino abbinate ad un corretto assetto di fissaggio permettono una finitura di qualità superiore
- Pezzi sottili possono essere bloccati usando un piano aspirato o del nastro biadesivo sul piano
- Per superfici piane, la fresatura con utensili a spianare risulta più economica di quella con utensili di contornatura (fresatura periferica).
- Durante la fresatura periferica, gli utensili non dovrebbero avere più di due taglienti in modo da ridurre al minimo le vibrazioni causate da un numero elevato di lame e da poter evacuare adeguatamente i trucioli.

### Come ottenere migliori superfici di fresatura

- Per fresature superficiali scegliere un basso angolo di truciolo
- Performance di taglio e qualità superficiale ottimali si ottengono con utensili a tagliente singolo
- La fresatura concorde (la direzione di moto del tagliente è la stessa della direzione di alimentazione) è preferibile rispetto a quella convenzionale

# Foratura di materiali plastici per ingegneria

Quando si forano componenti in plastica, è opportuno scegliere un metodo specifico adatto al materiale, in modo da evitare difetti. Altrimenti esiste un pericolo di rottura, lacerazione, surriscaldamento o variazioni dimensionali dei fori realizzati.

Quando si fora è necessario prestare una particolare attenzione alle proprietà isolanti della plastica. Queste possono far sì che i materiali plastici (in particolare quelli semicristallini) accumulino velocemente calore durante il processo di foratura, specialmente se la profondità di perforazione è più del doppio rispetto al diametro. Ciò può portare ad una plasticizzazione del foro ed una dilatazione interna del componente, che possono a loro volta causare una tensione di compressione nella parte (specialmente quando si fora al centro di barre tonde). I livelli di tensione possono essere talmente elevati da provocare un alto livello di deformazione, inesattezza dimensionale o persino crepe, fratture e rotture complete del componente finito o grezzo. Una lavorazione adeguata del materiale potrà evitare tutto questo.



Diagramma delle tensioni con punta poco affilata

Diagramma delle tensioni con punta ben affilata

## Utensili

- Normalmente sono sufficienti punte ben affilate in acciaio rapido (HSS) disponibili sul mercato
- Usare punte a cannone:
  - ↳ Riducono l'attrito e limitano l'accumulo di calore

## Suggerimenti

- Usare un refrigerante
- Ritirare spesso la punta:
  - ↳ rimozione dei trucioli
  - ↳ raffreddamento aggiuntivo
- Evitare l'uso dell'avanzamento manuale:
  - ↳ assicura che la punta non venga bloccata
  - ↳ evita la formazione di crepe

## Suggerimenti per eseguire fori di piccolo diametro (< 25 mm)

- Usare punte in acciaio rapido (HSS)
- Usare una punta elicoidale
- Angolo dell'elica tra 12° e 25°:
  - ↳ scanalature a spirale molto lisce
  - ↳ favorisce l'evacuazione dei trucioli
- Rimuovere spesso la punta (foratura intermittente)
  - ↳ migliore eliminazione dei trucioli e limitato accumulo di calore
- In caso di componenti a basso spessore suggeriamo di usare:
  - ↳ velocità di taglio elevate
  - ↳ se possibile, selezionare un angolo di sbavatura neutro (0°) per evitare che la punta si inceppi nel componente e di conseguenza si rompa e/o sollevi il pezzo da lavorare

## Suggerimenti per eseguire fori di diametro elevato (> 25 mm)

- Effettuare una foratura di prova con fori ampi
- Selezionare un diametro di pre-foratura non più grande di 25 mm
- Eseguire successivamente la finitura interna con un utensile a scalpello
- Per forare lunghe sezioni di barra inserire la punta da un solo lato
  - ↳ Nel caso di tentativi di foratura che si incontrano al centro (foratura bilaterale), possono insorgere accumuli di tensione indesiderati, che nella peggiore delle ipotesi portano alla rottura del pezzo
- In casi estremi o nel caso di materiali rinforzati, è consigliabile effettuare la foratura sul componente preriscaldato a circa 120°C (tempo di riscaldamento circa 1 ora ogni 10 mm di sezione trasversale)
  - ↳ Per garantire precisione dimensionale, la finitura va eseguita dopo che lo sbizzato si è raffreddato completamente

**Fattori chiave**

**Accertarsi che la punta sia affilata.  
Inoltre, non esercitare una pressione troppo elevata.**

Figura 78: Caratteristiche taglio tornitura Ensinger

# 8 Capitolo 8. Conclusioni

---

## 8.1 Risultati raggiunti e sviluppi futuri

L'esperienza di tale tirocinio ha sicuramente fornito valore aggiunto sia per quanto riguarda la mia personale formazione sia ad Hallite Italia stessa, fornendo sia idee concrete trasformatesi successivamente in processi ed attività effettivamente implementate sia risultati di studi e ricerche che hanno portato a decisioni fattibili secondo la vision e la mission aziendali ma che, al contempo, dipendono molto dal prosieguo della tipologia del rapporto tra Hallite e il cliente.

I maggiori risultati concreti, che quindi hanno costituito fonte di completamento delle principali attività del flusso di processo sono stati senz'altro i documenti di processo (Control Plan, PFMEA, istruzioni, procedure, flusso di processo) e la progettazione e successiva realizzazione di attrezzature di lavoro che hanno contribuito significativamente come valore aggiunto (tools installazione molle, tools taglio, cassetta storage prodotti finiti).

Altri risultati, invece, sono rimasti soltanto a livello di studio di fattibilità come precedentemente accennato, riguardanti praticamente tutto quanto esposto al cap. 7.

Considerando il rapporto Hallite – cliente, i risultati sono stati quelli relativi al passaggio da una fase di prototipazione a quella di avviamento della produzione di serie, fasi abbastanza critiche in quanto determinanti tutto il flusso di processo da tutti i punti di vista e che fungono da base per tutti gli eventuali interventi futuri in qualsiasi attività del flusso stesso. Si può affermare, perciò, che tale lavoro ha gettato le fondamenta per un rapporto di lungo periodo almeno per quanto riguarda la Special Rod Optiseal®, quindi sicuramente un valore aggiunto ad una PMI come Hallite Italia.



# 9 Bibliografia

---

- 1 <http://hallite.com/it/>
- 2 Catalogo linea guida Hallite Italia S.r.l
- 3 <https://it.wikipedia.org/wiki/Guarnizione>
- 4 <https://it.wikipedia.org/wiki/Burattatura>
- 5 [http://www.aviteq.de/it/products/drives/small\\_conveyor.html](http://www.aviteq.de/it/products/drives/small_conveyor.html)
- 6 [www.cryotechsrl.com](http://www.cryotechsrl.com)
- 7 G. Theiler <sup>a,\*</sup>, W. Hu<sup>o</sup>bner <sup>a</sup>, T. Gradt <sup>a</sup>, P. Klein <sup>b</sup>, K. Friedrich <sup>b</sup>
- 8 Qihua Wang <sup>a</sup>, Fei Zheng <sup>a,b,†</sup>, Tingmei Wang <sup>a</sup>
- 9 D. L. Burris
- 10 <http://www.ensinger.it/default.asp>