

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Posouzení renovace funkčních ploch skalní frézy

The Renovations of Assessment Function Surface Rock Mills

Student: Radek Byrtus
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vladislav Ochodek

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Byrtus**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Posouzení renovace funkčních ploch skalní frézy**
The Renovations of Assessment Function Surface Rock Mills

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte charakteristiku skalní frézy a vytipujte vhodné díly k renovaci.
2. Proveďte studii vhodných technologií pro renovaci vybraných součástí.
3. Navrhněte a realizujte experimentální program renovace vybraných součástí.
4. Proveďte vyhodnocení dosažených výsledků a jejich diskusi.

Seznam doporučené odborné literatury:

HRIVŇÁK, I. *Teoria zvaritelnosti kovov a zliatin*. Veda 1989.
ASM. Handbook vol. 6, *Welding, Brazing, Soldering*. ASM 2001.
ASM. *Handbook of Thermal Spray Technology*. ASM 2004.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Ochodek**


Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012





prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2012

A handwritten signature in blue ink, consisting of the name 'Radek' followed by a stylized 'Byrtus'.

Radek Byrtus

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákony o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledky její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2012



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radek Byrtus

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Písečná 28, Jablunkov 739 91

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Vladislavu Ochodkovi za odborné vedení mé práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BYRTUS, R. *Posouzení renovace funkčních ploch skalní frézy: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 54 stran.

Vedoucí práce: Ochodek, V.

Tématem této bakalářské práce je posoudit možnosti renovace opotřebených dílů a součástí skalní frézy BOART LONGYEAR BF-300 D5, která se používá mimo jiné i v hutním průmyslu k opravě žárobetonových částí hutních pecí. Během pracovní činnosti tohoto zařízení dochází k velkému opotřebení pracovních nožů RM5. Aby se nesnížila produktivita celého procesu frézování, musí se tyto opotřebené nože často měnit za nové a ty použité se ve stávající praxi vyhazují, což se z ekonomického hlediska značně prodraží. Cílem této práce je zvolit vhodnou technologii k renovaci opotřebených nožů skalní frézy a finanční náklady vynaložené na renovaci těchto dílů efektivně zhodnotit.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BYRTUS, R. *The Renovations of Assessment Function Surface Rock Mills: Bachelor Thesis*. Ostrava : VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2012, 54 p. Thesis head: Ochodek, V.

The Theme of this Bachelor Thesis is the assessment of renovation possibilities of worn down components of the Rock Mill BOART LONGYEAR BF-300 D5 which is used besides other things also in the metallurgical industry to repairing of concrete components of furnace. It comes up to wear down of working blades RM5 in the course of working operations of this facilities. Not to reduce productivity of the whole milling process, worn down blades must be replaced with new blades one by one, they are in practice discarded which increase the cost from the economic point of view. The main object of this Thesis is to choose a right technology for a renovation of worn down blades of the Rock Mill and to evaluate effectively the financial cost expended on renovation of these components.

OBSAH

Úvod.....	9
1 Charakteristika skalní frézy	10
1.1 Popis frézovacího zařízení	10
1.2 Volba dílů vhodných pro renovaci.....	11
1.3 Vhodné technologie renovace nožů skalní frézy.....	12
1.4 Popis vlastností frézovacího nože [1,6]	13
2 Studie vhodných technologií pro renovaci vybraných součástí	16
2.1 Technologie navařování [2,3,4,5]	16
3 Návrh a realizace experimentálního programu renovace nožů skalní frézy	22
3.1 Volba přídavného materiálu.....	22
3.2 Metody navařování a průběh experimentálního programu renovace	24
3.3 TEST 1 (WELCO 1700) [14].....	24
3.4 TEST 2 (WELCOWARE 1734) [12]	27
3.5 TEST 3 (WELCOWARE 1736) [13]	30
3.6 Porovnání funkčnosti navařených nožů v pracovním procesu	33
3.7 Finanční efektivnost renovace opotřebovaných nožů [15]	37
4 Závěr.....	41
5 Seznam použité literatury	44
6 Seznam příloh	46

Seznam použitých značek a symbolů

€	Evropská společná měna	[1eur]
Kč	Česká státní měna	[1Kč]
d_B	Průměr frézovacího bubnu frézy	[mm]
l_F	Délka pracovního záběru frézy	[mm]
p_P	Provozní tlak hydraulického systému zařízení	[bar]
Q_F	Průtok oleje hydrogenerátorem frézy	[l/min]
m_F	Hmotnost skalní frézy	[kg]
n_P	Pracovní otáčky frézy	[ot/min]
M_P	Pracovní kroutící moment frézy	[Nm]
F_P	Pracovní řezná síla frézy	[kN]
TOO	Tepelně ovlivněná oblast základního materiálu	
PM	Přídavný svařovací (navářovací) materiál	
ZM	Základní svařovaný (navářovaný) materiál	
Cr_{ekv}	Ekvivalent chromu, vyjadřuje vliv feritotvorných prvků dané oceli	
Ni_{ekv}	Ekvivalent niklu, vyjadřuje vliv austenitotvorných prvků dané oceli	
I_{sv}	Svařovací proud	[A]
U_{sv}	Svařovací napětí	[V]
v_{sv}	Rychlost navařování	[cm/min]
Q_{op}	Průtok svařovacího ochranného plynu	[l/min]
Nr	Celkové finanční náklady vynaložené na renovaci nožů	[Kč]
Nm	Náklady materiálové, hodnota PM použitého pro navaření nože	[Kč]
Nv	Náklady výrobní, hodnota práce potřebné k navaření nože	[Kč]
NC	Nákupní cena jednotlivých PM	[Kč]

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá renovací funkčních ploch skalní frézy BOART LONGYEAR BF-300 D5. Vlastníkem tohoto zařízení je společnost D 5 a.s. se sídlem v Třinci, a používá se na opravy žárobetonových částí hutních pecí především pro společnost Třinecké železářny a.s. Třinec. Jedná se konkrétně o možnost renovace použitých opotřebovaných nožů frézy, popřípadě prodloužení jejich životnosti vhodnou povrchovou úpravou. Vlivem pracovní činnosti tohoto zařízení, dochází k opotřebením jednotlivých nožů frézy. Toto opotřebením se projevuje změnou funkční geometrie zařízení a následným snížením účinností celého procesu frézování. Ideální stav by byl, aby všechny nože, kterých je na rotačním bubnu frézy osazeno 30 kusů, byly stejně opotřebované. Tento stav nastane jen velice zřídka, protože proces frézování žárobetonových částí hutních pecí je složitá činnost, jak z pohledu změny nastavení frézy vůči rypadlu, tak i různými mechanickými vlastnostmi samotných částí žárobetonových monolitů. Je proto nutné velice často měnit opotřebované nože, aby byla zachována maximální funkčnost skalní frézy. Tyto opotřebované nože se v nynější praxi již nepoužívají.

Roční spotřeba nožů skalní frézy, se ve společnosti D 5 a.s. Třinec pohybuje kolem hodnoty 700 ks. Nákupní cena jednoho kusu nože RM5 pro skalní frézu BOART LONGYEAR BF-300 D5 je 12,5 €. Ročně se tedy vynaloží částka kolem 8 750 €, přibližně tedy 219 000,- Kč, pouze na výměnu nožů ve frézovacím zařízení. Ptám se tedy, zda je možnost vhodnou technologií renovace použitých nožů ušetřit určitou část těchto nemalých finančních prostředků, a zda jsou investice do renovací dostatečně zhodnoceny?

Jako metoda renovace byla použita metoda navařování kovů na renovovaný a nový nůž. Cílem bakalářské práce je zvolit vhodnou technologii renovace, respektive vhodnou technologii tvorby ochranné vrstvy kovu na novém noži. Dále pak zvolit vhodný přídatný materiál pro navaření vybraných vzorků nožů, které je nutno následně odzkoušet přímo v procesu frézování žárobetonového monolitu hutního agregátu. V závěru práce je nutno zhodnotit dosažené výsledky a určit vhodnost použité technologie navařování a vhodnost volby přídatného materiálu. Současně je i cílem bakalářské práce ekonomicky posoudit jednotlivé varianty navařování a určit podmínky rentability renovace.

1 CHARAKTERISTIKA SKALNÍ FRÉZY

1.1 Popis frézovacího zařízení

Skalní hydraulická fréza BOART LONGYEAR BF-300 D5 je přídatné zařízení pásového rypadla UDS 211 P. Tento stroj se používá pro opravy žárobetonových částí hutních pecí, jako jsou například hlavní odpichové žlaby a podobně. Některé opravy se provádí při nízké teplotě. Celá část hutní pece se odstaví a teprve po vychladnutí se provádí odstranění již nevyhovující vrstvy žárobetonu. Většinou se tato činnost děje již několik málo desítek minut po odstavení pece, tudíž teplota pracovního prostředí se pohybuje kolem 500°C. Celé frézovací zařízení se proto musí chladit proudem vody a může pracovat pouze omezenou dobu. Ale i přes všechna tato opatření se teplota nožů pohybuje kolem 200°C. Toto extrémní prostředí se neblaze projevuje na opotřebení jednak nožů a pracovních bubnů skalní frézy, tak i na mechanismech tohoto zařízení.



Obr. 1 Skalní fréza BOART LONGYEAR BF300 D5

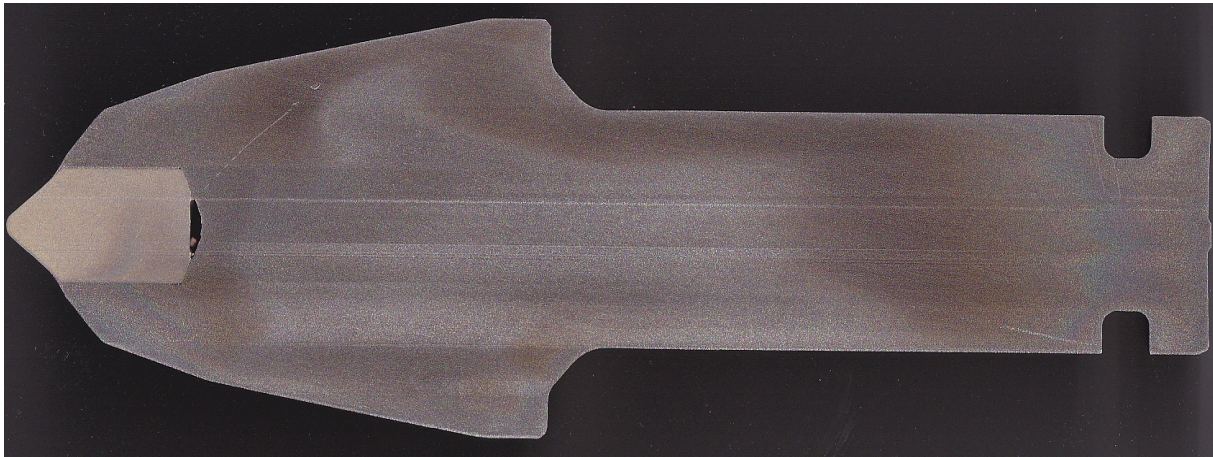
Frézovací zařízení je znázorněno na obr. 1. Skládá se z přípojovací konsoly, hydraulického koncového rotačního hydrogenerátoru, pohonu (převodovka a osa bubnů) a frézovacích bubnů (levý a pravý). Dvojice pracovních bubnů je šrouby připojena na koncovky hřídelí. Na každém bubnu se nachází 30 kruhových nožů RM5 umístěných v nožových držácích a zajištěných proti vypadnutí pojistkou. Řezný průměr frézovacích bubnů d_B je 520 mm a délka záběrů celé frézy l_F je 1030 mm. Zařízení pracuje s provozním hydraulickým tlakem p_P v rozmezí 175 – 280 bar a průtok oleje hydrogenerátorem Q_F je 60 – 80 l/min. Skalní fréza má hmotnost m_F 595 kg, při pracovních otáčkách n_P 40 – 55 ot/min, a při kroutícím momentu M_P 6 400 Nm vyvine řeznou sílu F_P cca 24,5 kN.

1.2 Volba dílů vhodných pro renovaci

Frézování žárobetonových monolitů hutních pecí je z hlediska opotřebení celého zařízení velice extrémní proces. Tento děj se uskutečňuje rotací frézovacích bubnů, na nichž jsou pomocí držáků připevněny nože. Pracovní nože svým osazením na bubnu tvoří pomyslnou šroubovici, která odebíraný materiál odhazuje směrem ven od středu frézy. Znamená to, že frézovací bubny mají zrcadlově obrácené nastavení zubů. Novější typy bubnů jsou dodatečně vybaveny pomocným šnekem pro lepší odvod sypkého materiálu. Během frézování naráží zuby na opracovávané části žárobetonu, který se následně drolí a volně odpadá do pracovního prostoru zařízení. Hlavním typem opotřebení jsou tedy rázy. Abrazivní opotřebení nožů a části frézy vzniká pohybem celého zařízení v rozdroleném odebíraném betonu. Toto opotřebení je také doprovázeno tlakem, který vzniká přítlačným pohybem pásového rypadla. Nesmíme opomenout ani vliv vysoké teploty pracovního prostředí. Tepelná bilance zařízení je cyklický ohřev na vysokou teplotu (cca 400°C) a následné chlazení proudem vody. Působením vysoké teploty a kritickým ochlazováním ztrácejí kovové části svoje dobré mechanické vlastnosti, tedy poměr mezi pružností a tvrdostí povrchu.

Nejvhodnějšími díly skalní frézy, určenými k možné renovaci, jsou nejvíce opotřebované části skalní frézy, tudíž frézovací nože. Rotační tvar nože je viditelný na obr. 2. Skládá se z ocelového těla a špičky ze slinutého karbidu. Celková délka nože je 142 mm, přičemž pracovní část je dlouhá 64 mm. Největší průměr pracovní části těla je 45 mm a průměr uchycené části je 25 mm. Karbidová špička je dlouhá 22 mm a její průměr je 12 mm. Jelikož je špička podstatně tvrdší než tělo, dochází pracovní činností nože k úbytku těla nože a odhalení karbidové špičky. Důležité je, aby uchycení nože v držáku mělo dostatečnou vůli a docházelo tak k samovolné rotaci nástroje kolem své osy. Touto rotací je zajištěna souměrnost opotřebení nástroje. Vůle v uchycení nesmí být příliš velká, aby nedocházelo

k nevhodnému natočení nože a jeho prudkému opotřebení. Překročí-li odhalení špičky kritickou mez, dojde k jejímu odlomení a znehodnocení celého zubu.



Obr. 2 Podélný řez nožem RM5

1.3 Vhodné technologie renovace nožů skalní frézy

Jako nejvhodnější metoda renovace použitých opotřebených nožů skalní frézy se nabízí technologie navařování vhodného materiálu, za účelem doplnění chybějící části těla a získání vhodné ochranné vrstvy. Nově získaná ochranná vrstva by měla mít mechanické vlastnosti srovnatelné s mechanickými vlastnostmi opotřebovaného materiálu. Základem úspěchu renovace této strojní součásti bude výběr přídatného materiálu pro navařování. Volba tohoto přídatného materiálu bude vycházet ze znalosti pracovního prostředí dané součásti, konkrétně znalost druhu namáhání a opotřebení, které bude vyžadovat vhodný poměr tvrdosti a pružnosti materiálu. Důležité je také znát hodnoty opotřebení nože. V krajních případech dosahovalo odhalení karbidové špičky hodnot kolem 10 mm a úbytek původního těla nože byl 220 g při hmotnosti nového 750 g. Navařovaný kov by měl tvořit celistvou vrstvu dobře spojenou se základním materiálem. Jelikož mechanické vlastnosti ochranné vrstvy tvoří většinou mechanické vlastnosti přídatného materiálu, je důležité, aby docházelo k minimálnímu promísení se základním materiálem. Tohoto efektu dosáhneme vhodnou volbou navařovací technologie. Automatizací navařování můžeme dosáhnout úspory množství navařovaného kovu vůči ruční formě [3].

Další možností jak zefektivnit proces frézování ve smyslu životnosti frézovacího nože, může být vhodná povrchová ochrana jednak renovovaných, tak i nových nožů. Pojmeme

povrchová ochrana znamená, že se vytvoří vhodná ochranná vrstva, která by podstatně zlepšila povrchové vlastnosti nože, ve smyslu zvýšení otěruvzdornosti.

Všechny tyto metody renovace a prodloužení životnosti nožů skalní frézy se zakládají na znalostech konkrétního druhu opotřebení, ale také na mechanických vlastnostech základního materiálu. Konkrétně tedy na tvrdosti povrchu nože a druhu použité oceli k jeho výrobě.

1.4 Popis vlastností frézovacího nože [1,6]

Jeden kus frézovacího nože byl podroben chemické a mechanické analýze v laboratoři. Protokol o provedení chemického rozboru a zkoušky tvrdosti je uveden v přílohové části Bakalářské práce, jako příloha č.1 a č.2. Výsledek je, že materiál těla nože vykazuje chemické složení přibližně stejné jako ocel ČSN 14 240 a špičku tvoří karbid wolframu. Chemické složení analyzovaného nože je uvedeno v tab. 2. Tvrdost těla je 39 HRC a karbidová špička dosahuje tvrdosti 65 HRC.

Základní materiál frézovacího nože je ocel ČSN 14 240, která patří do skupiny Cr-Mn ocelí k zušlechťování. Jelikož tato ocel nemá nové označení dle EN nebo ISO, budeme i nadále uvádět označení dle ČSN. Chrom především zvyšuje prokalitelnost a příznivě ovlivňuje pevnostní vlastnosti, jakož i otěruvzdornost. Společně s chromem jsou v této oceli jako přísady i mangan a křemík, které taktéž zvyšují prokalitelnost. Tyto oceli se používají především v zušlechtěném stavu, neboť v žíhaném stavu nemají patřičné mechanické vlastnosti. Náchylnost oceli k popouštění křehkosti nutí k jejich rychlému ochlazení z popouštěcí teploty. Prokalitelnost této oceli je od 40 - 60 mm při kalení do oleje. Tato ocel patří mezi hodnotné a poměrně levné náhražky dražších nízkolegovaných ocelí skupiny 16. Ocel ČSN 14 240 je především vhodná na středně namáhané strojní součásti, jako např.: zalomené hřídele, hřídele řetězových kol, ojnice, čepy, nápravy kolejových a jiných vozidel, šrouby. Díly z této oceli mají rovněž vyšší odolnost proti namáhání rázem. Podle ČSN 05 1310 je ocel 14 240 obtížně svařitelná.

ZM a PM budou mít rozdílné chemické složení a může docházet i k rozdílnosti strukturního složení (austenit-ferit). Použijte proto upraveného Schaefflerova diagramu pro určení strukturního stavu, který vznikne v závislosti na chemickém složení oceli a přídavného materiálu, při rychlém ochlazení z rozpouštěcí teploty (1050°C) na teplotu cca 20°C. V grafu jsou znázorněny oblasti s výskytem jednotlivých struktur. Ze získaných ekvivalentů se vyznačí v grafu body, a tím se zjistí, o jakou strukturu se jedná (austenit, martenzit, ferit

nebo jejich kombinace). Z hodnot chemického složení analyzovaného vzorku a hodnot udávané normou ČSN 14 240 se vypočte dle rovnice (1) chromový ekvivalent (feritotvorné prvky) a dle rovnice (2) niklový ekvivalent (austenitotvorné prvky), které se následně vyznačí v grafu. Tabulka pro výpočet byla vytvořena v programu EXCEL (viz tab. 1.)

$$Cr_{ekv} = \%Cr + \%Mo + 0,5 \times \%W + \%V + 1,5 \times \%Si + 0,5 \times \%Nb + \%Ti \quad (1)$$

$$Ni_{ekv} = \%Ni + 30 \times \%C + 0,5 \times \%Mn + 50 \times \%N \quad (2)$$

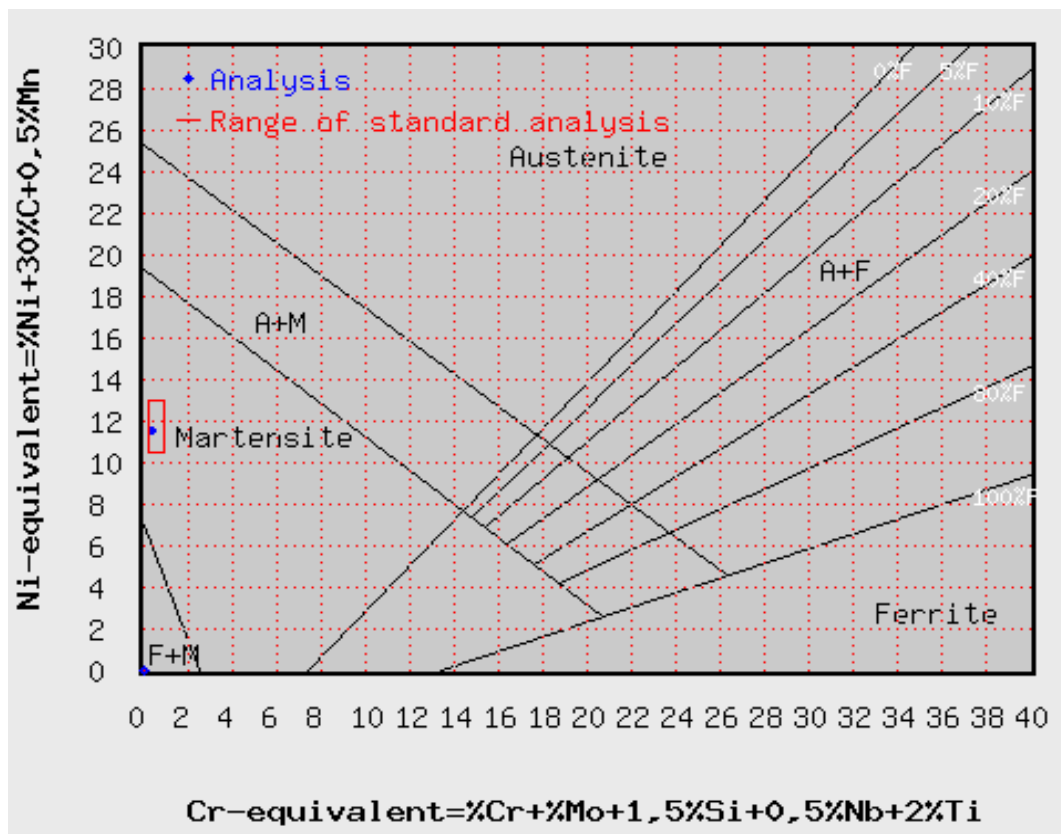
Složení	vzorek	ČSN	ČSN
		min	max
C [%]	0,372	0,32	0,4
Si [%]	0,2	0,17	0,37
Mn [%]	1,28	1,5	1,9
Cr [%]	0,18	0,2	0,4
Mo [%]	0,001	0	0
Ni [%]	0,01	0	0
Nb [%]	0,003	0	0
Ti [%]	0,0339	0	0
W [%]	0,01	0	0
V [%]	0,008	0	0
N [%]	0	0	0
Cr_{ekv} [%]	0,5294	0,455	0,955
Ni_{ekv} [%]	11,81	10,35	12,95

Tab. 1 Ekvivalenty chromu a niklu pro základní materiál

Vypočítané ekvivalenty se naznačí do upraveného Schaefflerova diagramu, který je uveden na obr. 3. Jak je vidět v grafu, základní materiál nože má martenzitickou strukturu a analyzovaný vzorek, který nemá typické chemické složení dle ČSN 14 240 (vlivem úpravy při výrobě), je v normou vymezené oblasti.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Al	Mo	W
0,372	1,58	0,2	0,017	0,005	0,28	0,01	0,033	0,001	0,01
V	Ti	Co	As	Sn	B	Ca	Nb	Cu	
0,008	0,0339	0,002	0,003	0,001	0,0024	0,0019	0,003	0,01	

Tab. 2 Chemické složení analyzovaného nože



Obr. 3 Schaefflerův diagram pro standardní analýzu ZM

2 STUDIE VHODNÝCH TECHNOLOGIÍ PRO RENOVACI VYBRANÝCH SOUČÁSTÍ

2.1 Technologie navařování [2,3,4,5]

Navařování je technologický proces nanášení roztaveného kovu na povrch základního materiálu dané součástky. Tento proces je stejný jako proces svařování, s minimalizací promísení základního materiálu s přídavným materiálem. Navařováním získáváme speciální vlastnosti doplněného chybějícího objemu součásti, jako například větší odolnost vůči teplotě a opotřebení. Navařování nemusí souviset jen s renovacemi použitých součástí, ale touto metodou mohou vznikat také součásti nové. Konkrétní součást se vyrobí z levnějšího materiálu a povrchové požadavky se vytvoří návarem vhodného kovu.

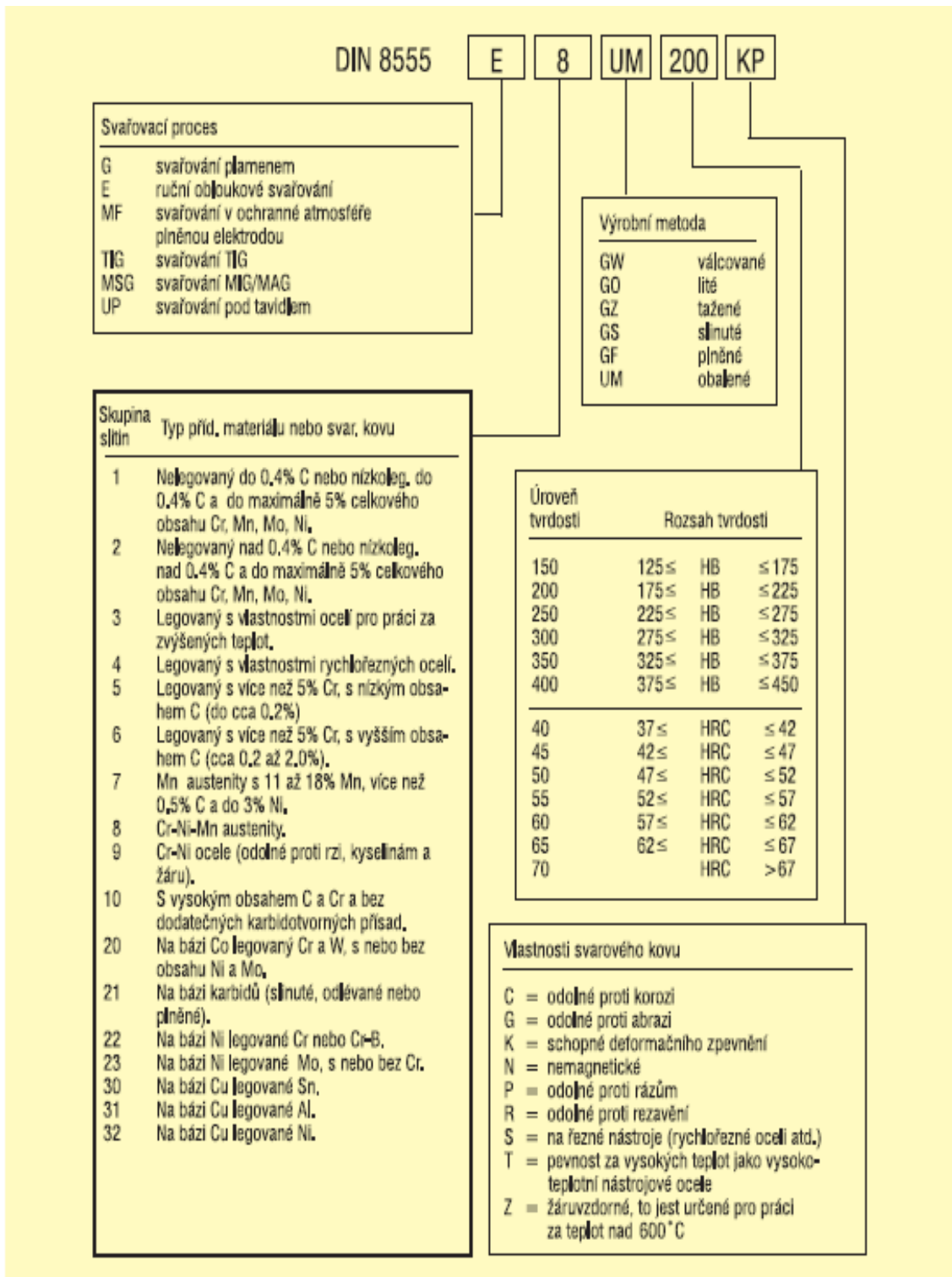
Výběr vhodného přídavného materiálu závisí na druhu opotřebení a namáhání dané součásti. Druhy namáhání se můžou projevovat osaměle nebo v různých kombinacích. Jednotlivé typy namáhání mají zřetelně odlišné požadavky na mechanické vlastnosti návarových kovů. Na kovové části, které se vzájemně odvalují nebo po sobě kloužou, působí takzvané namáhání kov – kov, neboli frikční a adhezivní namáhání. Takto zatížené mohou být například díly, jako jsou ozubená kola, kladky, řetězy. Zde je kladen požadavek na tvrdost povrchu a vzhledem k tomu se volí návarový kov. Rázové opotřebení vznikne, jestliže je díl vystaven nárazům. Typické takto namáhané dílce jsou částí drtičů, drtících kladiv, hrotů srdcovek železničních výhybek. V tomto případě návarový kov musí být dostatečně tvrdý na povrchu a houževnatý pod povrchovými vrstvami. Abrazivní opotřebení je způsobeno proudícími nebo klouzajícími jemnými částicemi po povrchu. Intenzita abraze je stupňována podle tvrdosti a podle tvarového spektra proudícího materiálu. Tento typ opotřebení postrádá rázy, proto jsou zde vhodné velice tvrdé materiály, i když jejich křehkost je značná. Při mletí různých minerálních hmot je abrazivní opotřebení ještě rozšířeno o zadírání a tlak.

Základní materiály se dělí do dvou primárních skupin, a to na uhlíkové a nízkolegované oceli, popřípadě manganové austenitické oceli. První skupina uhlíkových a nízkolegovaných ocelí je silně magnetická. Při svařování těchto ocelí se musí dodržet řada doprovodných opatření, jako např. předehřev, dohřev, tepelné zpracování po svaření. Daná opatření na základě chemického složení ZM. Druhou skupinu tvoří manganové austenitické oceli, které na rozdíl od první skupiny nejsou magnetické. Jejich magnetismus se projevuje až po deformačním zpevnění. Manganové austenitické oceli se svařují bez předehřevu a teplotu interpass se musí udržovat nízko. Také tepelné zpracování po svaření nepřipadá v úvahu. Příčinou je jejich křehkost po přehřátí.

Požadavky na tvar a opracování povrchu se musí zohlednit ještě před volbou přídavného materiálu. Přídavné materiály, tvořící svarový kov tvrdší než hodnota 40 HRC, se dají třískově obrábět pouze speciálními nástroji. Možné opracování těchto částí je většinou jen broušením. Při vícevrstvých návarech může docházet ke vzniku jemných studených trhlinek. Tyto trhlinky z hlediska tvrdosti vrstvy nemají vliv na funkčnost. Jakmile se součásti zatíží rázy nebo ohybem, může dojít k šíření prasklinek až do základního materiálu. V tomto případě se doporučuje prvně navařit tažnou mezivrstvu a následně zhotovit návar o vysoké tvrdosti. Kombinace tažné a tvrdé vrstvy se můžou střídat. Šíření trhlin do základního materiálu se zvyšují nízkými svařovacími proudy a vyššími rychlostmi kladení vrstev.

Přídavné materiály pro navařování se dělí do dvou základních skupin. První skupinu tvoří materiály na bázi železa, které se dále dělí na slitiny martenzitické, austenitické a slitiny s obsahem karbidů. Martenzitické typy mají dobrou odolnost proti opotřebení typu kov-kov, dobře odolávají rázům a přijatelně snášejí abrazi. Austenitické typy vynikají svojí odolností vůči rázům, ale povrchová tvrdost je nižší. Návarové kovy s obsahem karbidů jsou velice tvrdé na povrchu, dobře odolávají vyšším teplotám, ale jsou značně křehké. Druhou skupinu PM pro navařování tvoří neželezné slitiny na bázi kobaltu a niklu. Tyto speciální návarové kovy odolávají většině typů opotřebení, ale jejich cena je velice vysoká. Proto je jejich použití z ekonomického hlediska dost omezené. Používají se hlavně pro části, které jsou určeny do velice vysokých teplot, kde železné kovy už neodolávají žáru.

Co se týče označování materiálu pro tvrdé návary, platí norma ČSN EN 14700 – 05 5020, což je česká verze evropské normy EN 14700:2005. Značení materiálu je složeno ze dvou částí, a to z písmene označujícího tvar navařovacího materiálu, a ze značky určující chemické složení navařovacího materiálu. Bližší popis je uveden na obr. 4. Někdy se můžeme setkat s klasifikací navařovacích materiálů dle DIN 8555 T1. Tato norma byla zrušena a nahrazena výše uvedenou normou, ale někdy se v publikacích uvádí jako informativní. Předpis tohoto značení informoval uživatele o druhu svařovacího procesu pro použitý navařovací materiál, dále pak o typu PM, výrobní metodě, úrovni tvrdosti navařené vrstvy a jejich vlastnostech. Značení navařovacích materiálů dle din 8555 je uvedeno na obr. 5.



Obr. 5 Značení přídatných navařovacích materiálů dle DIN 8555 [3]

Samotná technologie navařování je totožná s technologií svařování. Nejběžnější metody navařování jsou tyto:

- **Ruční obloukové navařování obalenou elektrodou-111 (SMAW)** : tato metoda je velmi stará, ale díky své flexibilitě a jednoduchosti hodně používaná i dnes. Elektroda se skládá z kovového jádra, které je obaleno tavidlovou vrstvou. Jádro elektrody představuje ocelový drát určitého průměru. Obal má důležitou úlohu v procesu navařování. Jeho funkce můžeme definovat a rozdělit na funkci elektrickou (iniciuje a stabilizuje elektrický oblouk), funkci fyzikální (vliv na viskozitu a povrchové napětí strusky) a funkci metalurgickou (rafinace svárového kovu). Struska, vzniklá tavením obalu elektrody, chrání svárovou lázeň a vzniklé oxidy chrání oblast elektrického oblouku. Nejběžnější obaly jsou např. rutilové, bazické, kyselé, celulózové.
- **Navařování tavící se elektrodou v ochranném plynu-131,135 (GMAW)** : princip této metody spočívá v odtavování drátové elektrody vlivem elektrického oblouku, který hoří mezi základním materiálem a touto elektrodou. Elektrický oblouk je chráněn ochranným plynem, který může být inertní (nepodílí se na procesu svařování) nebo aktivní (má vliv na proces svařování). Vlivem vysoké proudové hustoty v elektrodovém drátu vzniká oblouk o vysoké teplotě, který dovoluje podstatně vyšší odtavování elektrody, a tudíž velmi vysoký výkon z hlediska množství svárového kovu za jednotku času. Svařovací hořák může být veden ručně (manuální proces), nebo může být upnut do vozíku (automatizované procesy).
- **Navařování plněnou tavící se elektrodou v ochranném plynu-136,137 (FCAW)** : tato metoda je principiálně stejná jako metoda GMAW. Rozdíl je v tom, že místo plného drátu se použije plněný drát. Náplň uvnitř drátu má podobnou funkci jako obal u obalené elektrody. Náplň může také obsahovat materiály, které mají vliv na fyzikální vlastnosti vzniklého kovu (tvrdost, otěruvzdornost), což se využívá právě v technologii navařování. Použitím vhodného drátu s určitou náplní odpadá nutnost používat ochranný plyn.
- **Navařování pod tavidlem-121 (SAW)** : základem této metody je také odtavování elektrodového drátu na základní materiál. Ochranu oblouku a svárového kovu zajišťuje práškové tavidlo, které se v místě tavení mění na struskový obal. Tato metoda je většinou automatizovaná. Výhodností této metody je vysoká jakost vzniklého povrchu svárového kovu. Velice důležité je tavidlové hospodářství. Jelikož se během procesu navařování spotřebuje pouze nutná část tavidla, je nutno věnovat

pozornost filtraci a opětovnému použití recyklovaného tavidla. Skladování tavidla by mělo být v suché místnosti při teplotě zhruba o 10 °C vyšší, než ve svařovací dílně.

- **Plazmové navařování-151 (PAW)** – jedná se o novější progresivní směr v technologii navařování opotřebovaných dílů. Princip této metody spočívá v aplikaci koncentrovaného proudu plazmy jako zdroje tepla, kterým se taví přídavný materiál v podobě drátu nebo prášku. Výhodou je plynulá nezávislá regulace teploty tavení a množství taveného přídavného materiálu. Takto se optimalizuje teplotní režim navařování s minimalizací natavení základního materiálu. Plazmové navařování je velice podobné technologii svařování WIG. Rozdílnost je v ionizaci plazmového plynu (Ar, Ar+H₂, Ar+He), proudícího kolem wolframové elektrody. Celý tento děj probíhá v kovové, vzduchem nebo vodou chlazené trysce. Koncentrace plazmového paprsku je způsobena zúžením výstupní trysky, ale také působením ochranného neboli fokusačního plynu (Ar, Ar+H₂, Ar+N).

3 NÁVRH A REALIZACE EXPERIMENTÁLNÍHO PROGRAMU RENOVACE NOŽŮ SKALNÍ FRÉZY

3.1 Volba přídavného materiálu

Přídavný materiál pro renovaci opotřeбенých nožů skalní frézy byl zvolen dle druhu namáhání, které se vyskytuje při provozu frézovacího zařízení. Jak bylo již výše uvedeno, největší opotřeбенí vyvolává namáhání rázy a abraze, které vzájemně působí na celé zařízení, a hlavně na jeho funkční plochy. Požadavkem na PM tedy bude vhodná kombinace tvrdosti a houževnatosti. Ze širokého spektra přídavných navařovacích materiálů, které jsem vybíral ze zdrojů [7] až [11], jsem zvolil jako PM pro provedení experimentálního programu renovace nožů skalní frézy dva plněné dráty pro navařování tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou 136 a jednu obalenou elektrodu pro metodu 111. Všechny tyto PM jsou od firmy WELCO. Při této volbě byla prioritně brána v úvahu spolupráce s firmou WELCO a rychlá dostupnost zvolených navařovacích materiálů. Názvy a podrobnější informace o zvolených PM jsou zde:

- **Obalená elektroda WELCO 1700** – Jedná se o vysokovýkonnou tvrdonávarovou elektrodu s bazickým obalem, která vyniká svojí maximální odolností proti abrazivnímu opotřeбенí za vysokých teplot. Jedná se o elektrodu na bázi Cr, Mo, Nb a W s vysokou výtěžností (240 %). Tvrdost po navaření je do 65 HRC. Odolává vysokým teplotám při zachování vysoké tvrdosti (do 45 HRC při + 600°C). Svárový kov tvoří hladké povrchy. Stejněměrně tekoucí svarový kov minimalizuje následné opracování. V tab. 3 je uvedeno chemické složení svárového kovu dané obalené elektrody [14].

C	Cr	Mo	W	V	Nb
5	22	8	2	1	8

Tab. 3 Chemické složení svárového kovu PM WELCO 1700

- **Plněný drát WELCOWARE 1734** – Jedná se plněný drát pro použití na součásti namáhané maximálními rázy a současně velkou abrazí. Náplň drátu je bazická s kovovým práškem. Tvrdost po navaření nabývá hodnot 350 – 375 HB (38 - 40 HRC). Výtěžnost je přibližně 80% hmotnosti drátu. Návar je třískově obrobiteľný. Drobné trhlinky, vzniklé po navaření, nejsou na závadu. Minimalizovat vznik těchto trhlin lze použitím předehevu cca 200°C. Lze ho použít na všech MIG svařovacích

strojích. V tab. 4 je uvedeno chemické složení svárového kovu daného plněného drátu [12].

C	Cr	Mn	Si	S,P,Mo,Cu
0,24	1,6	1,5	0,6	0,5

Tab. 4 Chemické složení svárového kovu PM WELCOWARE 1734

- **Plněný drát WELCOWARE 1736** – Tento plněný drát se používá na součásti namáhané středními rázy a současně velkou abrazí. Vlastnosti náplně jsou podobné jako u WELCOWARE 1734. Tvrdost po navaření je 57 – 62 HRC. Tento drát je náchylný na přehřátí během navařování, kdy dochází k výraznému poklesu tvrdosti konečné navařené vrstvy. Použitelnost je na všech MIG svařovacích strojích. Při skladování dobře odolává navlhování z okolního prostředí. V tab. 5 je uvedeno chemické složení daného plněného drátu [13].

C	Cr	Mn	Si	S,P,Mo,Cu
0,45	5,5	1,6	0,6	0,5

Tab. 5 Chemické složení svárového kovu PM WELCOWARE 1736

Ochranným plynem pro návarové dráty WELCOWARE 1734 a 1736 může být buď směs Ar + CO₂ v poměru 80/20 %, nebo pouze CO₂. Obě dvě varianty jsou ze skupiny aktivních ochranných plynů, které mohou ovlivňovat chemické složení svárového kovu. Podle ČSN EN 439 jsou tyto plyny rozděleny do skupin M1, M2, M3 a C dle svého chemického složení. Tyto plyny se dělí podle indexu oxidačního účinku a vlivu na nauhličení svárového kovu do řad 0 - 10. Největší index oxidace a zároveň vysoké nauhličení ze skupiny MAG plynů má čistý CO₂. V tomto plynu probíhají rozsáhlé chemické reakce tak, že rovnovážný stav C ve svárovém kovu se ustálí na hodnotě 0,10 - 0,15 % bez ohledu na to, jaký obsah C je ve svařovacím drátu. Dochází k tzv. propalu uhlíku a při použití nízkouhlíkového drátu dojde k nauhličení svárového kovu. Naopak směs Ar + 20 % CO₂ má nízký oxidační index (pouze hodnota 2), ale také tato směs má nauhličující účinek.

Svařovací parametry, které byly nastavené na svařovacích strojích, jsou uvedeny pro jednotlivé PM v tab. 6.

	metoda	ϕ PM [mm]	I_{sv} [A]	U_{sv} [V]	v_{sv} [cm/min]	Q_{op} [l/min]
WELCO 1700	SMAW	2,5	90	27	17	0
WELCOWARE 1734	MAG	1,6	165	26	20	13
WELCOWARE 1736	MAG	1,2	125	24	20	13

Tab. 6 Svařovací parametry pro jednotlivé PM

3.2 Metody navařování a průběh experimentálního programu renovace

Vybrané typy PM byly navařovány technologiemi doporučenými výrobcem. Vzorky nožů pro experimentální program navaření vybranými PM byly označeny TEST 1 pro obalenou elektrodu WELCO 1700, TEST 2 pro plněný drát WELCOWARE 1734 a TEST 3 pro plněný drát WELCOWARE 1736. Experimentální program byl proveden ve dvou fázích. První fáze zahrnovala navaření několika kusů nových a opotřebených nožů frézy vybranými PM. Ve druhé fázi bylo následně odzkoušeno, zda navařené vzorky jsou funkční při frézování žárobetonového monolitu určitého typu hutního agregátu. Následně jsem vyhodnotil dosažené výsledky, porovnal jsem hodnoty opotřebením jednotlivých vzorků s opotřebením nových nožů a určil jsem nejvhodnější navařovací materiál pro možnost zahájení renovačního programu nožů skalní frézy. Ve vyhodnocení výsledků jsem provedl finanční analýzu renovace, kde jsem zjistil nákladnost renovace a určil tak podmínky rentability renovačních prací.

3.3 TEST 1 (WELCO 1700) [14]

Jelikož přídatný materiál WELCO 1700 je v podobě obalené elektrody, navařování tímto materiálem bylo provedeno technologií 111, tedy ručním obloukovým navařováním obalenou elektrodou. Pro tento účel byly použity nové nože, aby byla zjištěna funkčnost preventivní ochranné vrstvy. Tento experiment byl proveden ve vlastní svařovací dílně. Jako svařovací zdroj byl použit stejnosměrný třífázový zdroj od firmy ESAB Vamberk CADDY ARC 251i. Směr navařování byl ve směru osy nože, začátek návarové housenky byl u špičky, z důvodu minimalizace vneseného tepla do karbidové špičky. Na obr. 6 je pohled na povrch navařené nože. Parametry navařování pro elektrodu Φ 2,5 mm budou: svařovací proud I_{sv} 90 A, svařovací napětí U_{sv} 27 V, rychlost navařování v_{sv} 17 cm/min.

Během navařování se potvrdilo doporučení výrobce, a to nutnost vést elektrodu kolmo na rovinu navařování s krátkým obloukem. Nejlepší poloha svařování dle ČSN EN ISO 6947

pro tento navařovací materiál je poloha PA, čili poloha vodorovná shora. Vzhledem k obsahu legujících prvků v obalu elektrody je zapalování oblouku jednoduché a není třeba zabrušovat špičku elektrody. Jako výtku výrobci bych uvedl nepravdivost informace o snadném odstraňování strusky. Z vlastní zkušenosti vím, že struska je velmi tvrdá a vznikne-li kráterová staženina, je dost pracné návar od strusky očistit.

Přídavný materiál WELCO 1700 je vysokovýkonná tvrdonávarová bazická elektroda na bázi Cr, Mo, Nb, W, s extrémní odolností proti opotřebení otěrem při vysokých teplotách. Informativně dle normy DIN 8555 je tato elektroda označená E 10 – UM – 65 – GRTZ. Znamená to, že se jedná o materiál pro ruční obloukové svařování s vysokým obsahem C a Cr a bez dodatečných karbidových přísad, elektroda je obalená, tvrdost navařené vrstvy je v rozmezí 62 až 67 HRC, navařený kov je odolný proti abrazi a rezavění, má pevnost za vysokých teplot jako vysokoteplotní nástrojová ocel, je žáruvzdorný (určen pro práci za teplot nad 600 °C).



Obr. 6 Povrch nože navařeného obalenou elektrodou WELCO 1700

Ke zjištění vzniklé struktury svárového kovu, vytvořené navařením tohoto přídavného materiálu na renovovaný nůž, jsem použil výpočet pomocí rovnic (1) a (2) chromový a niklový ekvivalent jednotlivých materiálů, a promísení přídavného materiálu se základním jsem zvolil 20 %. Výsledek je uveden v tab. 7. Hodnoty obou ekvivalentů, jak přídavného materiálu, tak i vzniklého svárového kovu, jsou tak vysoké, že není možno je uvést v Schaefflerově diagramu. Vysoký obsah legujících prvků v přídavném materiálu - hlavně uhlík, chrom, molybden a niob (5 %, 22 %, 8 %, 8 %) dává předpoklad vzniku velice tvrdé ochranné vrstvy na bázi karbidů.

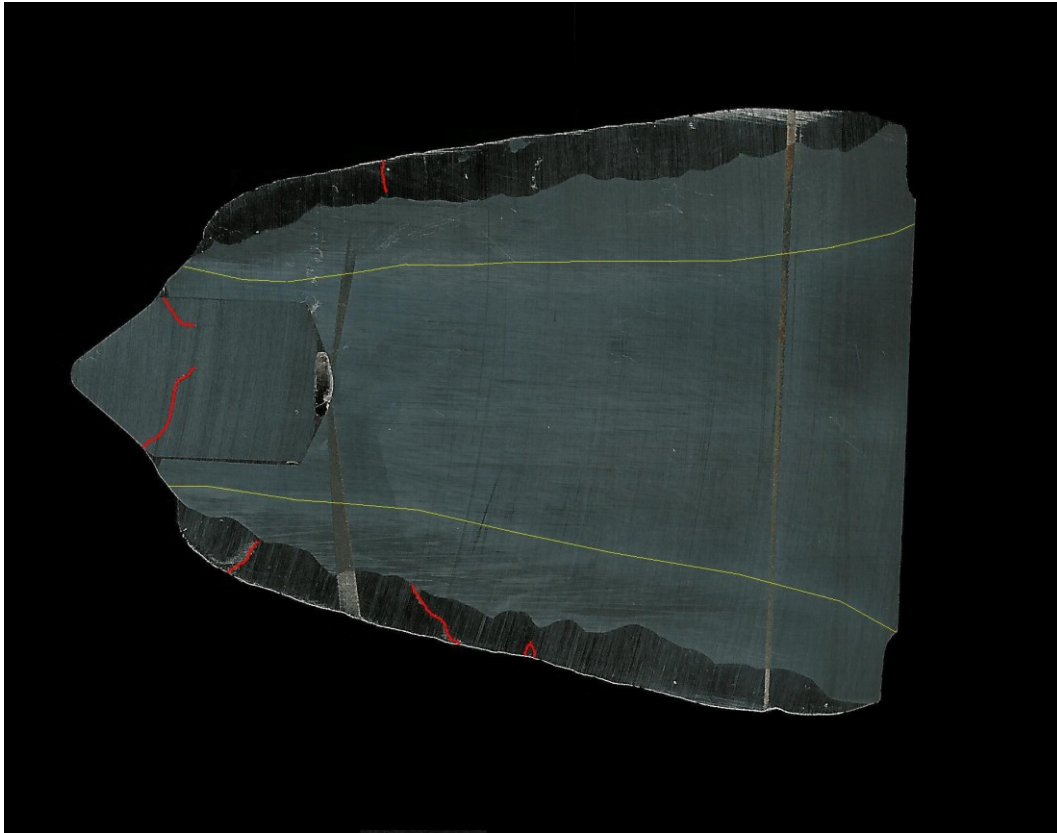
Složení	ZM	WE. 1700	20% PRO
C [%]	0,372	5	4,0744
Si [%]	0,2	0	0,04
Mn [%]	1,28	0	0,256
Cr [%]	0,18	22	17,636
Mo [%]	0,001	8	6,4002
Ni [%]	0,01	0	0,002
Nb [%]	0,003	8	6,4006
Ti [%]	0,0339	0	0,00678
W [%]	0,01	2	1,602
V [%]	0,008	1	0,8016
N [%]	0	0	0
Cr ekv. [%]	0,5294	36	28,90588
Ni ekv. [%]	11,81	150	122,362

Tab. 7 Cr a NI ekvivalenty ZM, PM a jejich svárového kovu

Na obr. 7 je znázorněn řez navařeným nožem skalní frézy obalenou elektrodou WELCO 1700. Na snímku lze posoudit makrostrukturu navařované součásti. Během navařování došlo k vzniku trhlin, jak v navařené vrstvě, tak i ve špičce nože (znázorněno červenou barvou). Na snímku je viditelná i TOO, která je přibližně vyznačena žlutou čarou. Povrch navařené součásti je v důsledku směru navařování (ve směru osy nože) rovný a hladký.

Výrobce tohoto přídavného materiálu uvádí, že vznik malých trhlin v návarové vrstvě, který se projeví při chladnutí, nemá vliv na odolnosti opotřebení. Trhliny vedoucí od povrchu až k základnímu materiálu nemohu považovat za malé, musím respektovat tuto skutečnost a považovat je za vadné. Praskliny karbidové špičky vznikly během navařování v důsledku přehřátí. Tato skutečnost je taky nežádoucí, jelikož může nastat lom špičky a celkové zničení nože. Po konzultaci s výrobcem tohoto navařovacího materiálu je tu možnost od léta 2012

odebírat tento materiál ve formě plněného drátu pro metodu navařování MIG/MAG, čímž by se snížila teplotní zátěž navařované součásti.



Obr. 7 Makrostruktura nože navařeného PM WELCO 1700

3.4 TEST 2 (WELCOWARE 1734) [12]

Přídavný materiál WELCOWARE 1734 je plněný trubičkový drát pro návary s vysokou odolností proti otěru při extrémním namáhání rázy. Tento drát je určen pro technologii navařování 136. Během pokusu byly navařeny nové i opotřebované nože, a pro zkoušku v provozu bylo použito po pěti kusech z každého druhu. U nových nožů jsem se zaměřil na funkčnost preventivní ochranné vrstvy a u nožů opotřebovaných na celkovou funkčnost renovovaného nože. Dle DIN 8555 je tento materiál označen MSG – 1 – 350. Znamená to, že se jedná o metodu navařování MIG/MAG, typ přídavného materiálu je nelegovaný do 0,4 % C, nebo nízkolegovaný do 0,4 % C a maximálně 5 % celkového obsahu CR, Mn, Mo, NI. Tvrdost navařené vrstvy se bude pohybovat v rozmezí 325 – 375 HB, což je zhruba 33 – 37 HRC.

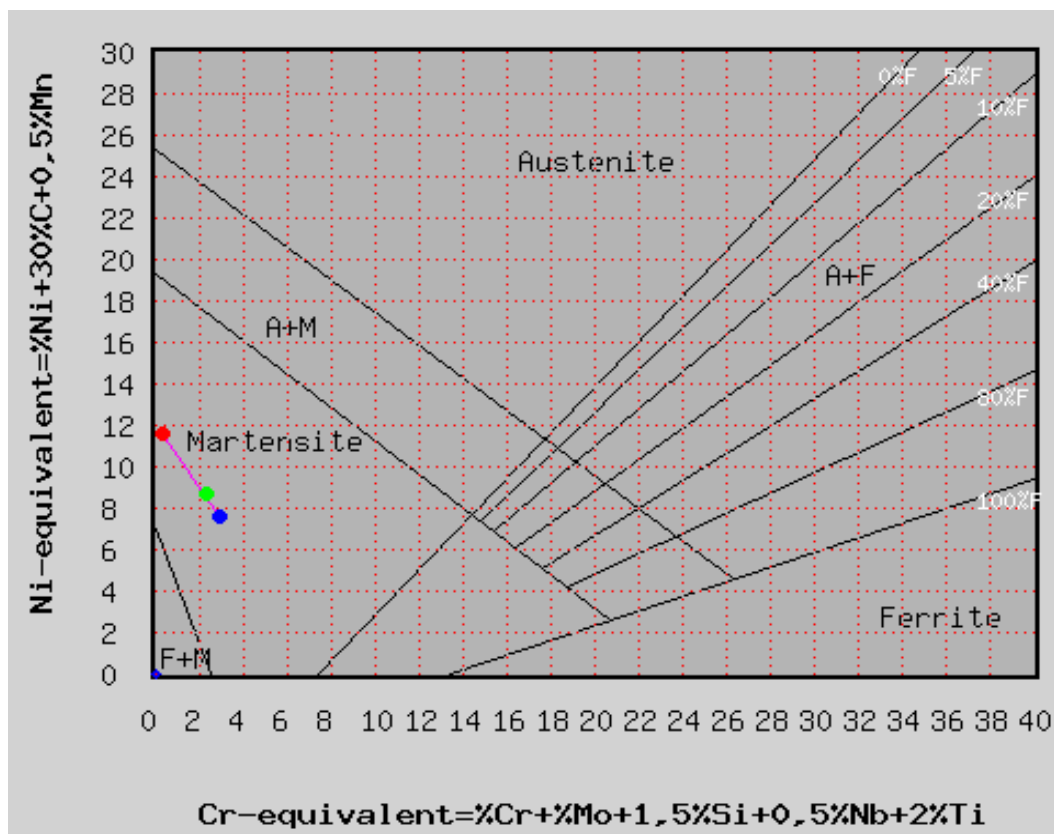
Navařování bylo provedeno za mé asistence v prostorách společnosti Strojírny Třinec a.s. na polohovadle, což je soustruh přizpůsobený pro navařování rotačních dílců (viz přílohová část Příloha č. 3.1 a Příloha č. 3.2). Jako svařovací zdroj bylo použito zařízení od firmy ESAB Vamberk ORIGO MIG C420 PRO. Jedná se o velice výkonný třífázový zdroj s možností použití plněného drátu do průměru 1,6 mm. Otáčky polohovadla a posuv na otáčku nebylo možné vzhledem k nestejnému průměru navařované součásti určit přesně, tudíž se během navařování tyto hodnoty měnily. Velký důraz je zde kladen na zkušenosti a cit svářeče. Parametry navařování pro průměr drátu 1,6 mm byly: $U_{sv} = 26 \text{ V}$, $I_{sv} = 165 \text{ A}$, $v_{sv} = 20 \text{ cm/min}$. Jako ochranný plyn byla zvolena směs Ar + CO₂ v poměru 80/20 %, jeho průtok byl $Q_{OP} = 13 \text{ l/min}$. Na začátku bylo provedeno několik cvičných návarů na pomocný kus oceli, aby se doladil svařovací proud a rychlost navařování, a zároveň aby se zjistilo, jakým způsobem se daný PM natavuje. Následně se uchytil svařovací hořák do držáku a cvičně bez navařování se nastavily na polohovadle otáčky a posun na otáčku. Zde se projevily zkušenosti svářeče, který po jednom pokusu na prázdno začal navařovat vybrané vzorky nožů bez další úpravy nastavení polohovadla. Návarové housenky byly rovnoměrné, bez přerušení.

Pro zjištění výsledné struktury navařené vrstvy jsem použil Schaefflerův diagram. Nejdříve jsem si vypočítal chromový a niklový ekvivalent dle výše popsaných rovnic (1) a (2). Výsledky jsou uvedeny v tab. 8. Tyto jsem znázornil do Schaefflerova diagramu (červená tečka je základní materiál, modrá tečka je přídavný materiál, zelená tečka je svárový kov), který je znázorněn na obr. 8. Výsledná struktura přídavného materiálu i svárového kovu při 20 % promísení se základním materiálem bude martenzitická.

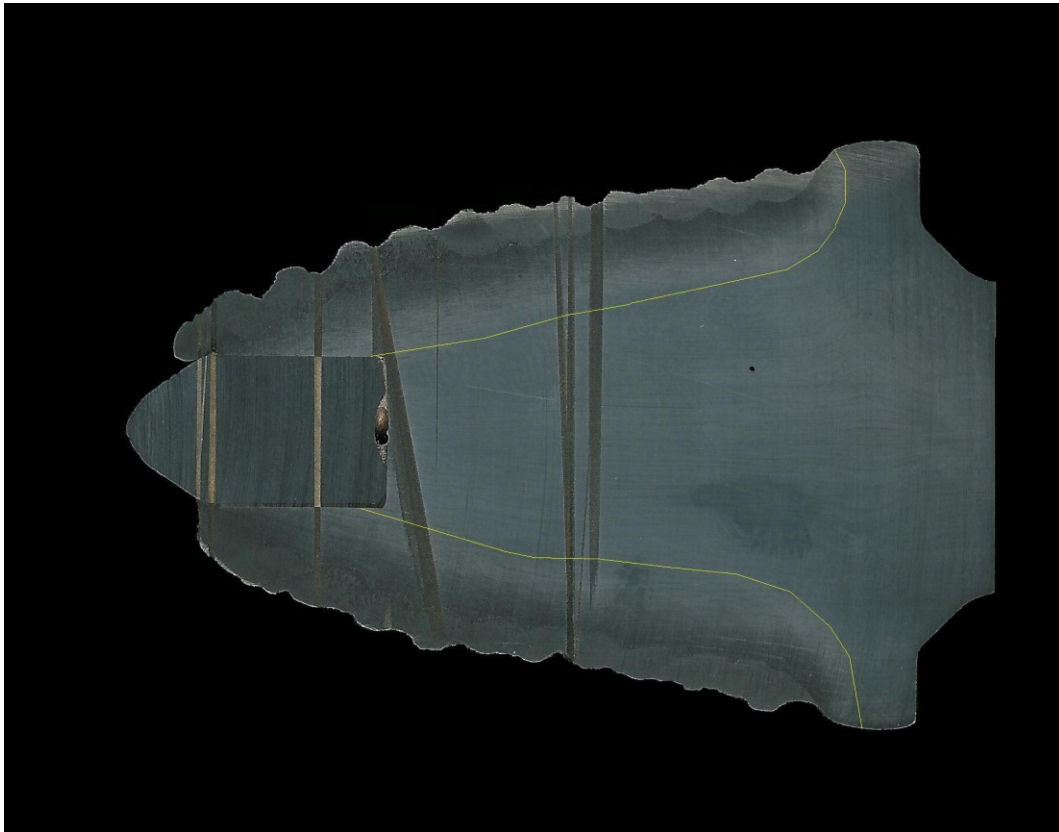
Složení	ZM	WE. 1734	20 % PRO
C [%]	0,372	0,24	0,2664
Si [%]	0,2	0,6	0,52
Mn [%]	1,28	1,5	1,456
Cr [%]	0,18	1,6	1,316
Mo [%]	0,001	0,2	0,1602
Ni [%]	0,01	0	0,002
Nb [%]	0,003	0	0,0006
Ti [%]	0,0339	0	0,00678
W [%]	0,01	0	0,002
V [%]	0,008	0	0,0016
N [%]	0	0	0
Cr ekv. [%]	0,5294	2,7	2,26588
Ni ekv. [%]	11,81	7,95	8,722

Tab. 8 Cr a Ni ekvivalenty ZM, PM a jejich svárového kovu

Výsledek navařování lze zhodnotit na makrografickém snímku navařeného zubu, který je znázorněn na obr. 9. Kolmý směr navařování způsobuje vlnitost povrchu, která není na závadu. Žlutou čarou je přibližně znázorněna TOO. Povrch navařené vrstvy je bez znatelných trhlin. Vlivem menšího tepelného zatížení navařovaného nože, nedošlo k viditelnému prasknutí karbidové špičky.



Obr. 8 Schaefflerův diagram pro vzorek navařený PM WELCOWARE 1734



Obr. 9 Makrostruktura nože navařeného PM WELCOWARE 1734

3.5 TEST 3 (WELCOWARE 1736) [13]

Plněný drát WELCOWARE 1736 je dle DIN 8555 označen jako MSG – 6 – 60. Jedná se o přídatný materiál pro technologii 136, typ materiálu je legovaný s více než 5 % Cr a s vyšším obsahem C, tvrdost navařené vrstvy se bude pohybovat v rozmezí 57 – 62 HRC. Tento trubičkový drát je určen pro navařování částí s vysokou odolností proti otěru při středním namáhání rázy.

Tento plněný drát byl navařován ve stejné společnosti a na stejném polohovadle, jak bylo použito při navařování vzorků TEST 2, a také zde byl použit jako svařovací zdroj zařízení od firmy ESAB Vamberk ORIGO MIG C420 PRO. Parametry navařování pro průměr drátu 1,2 mm byly: $U_{sv} = 24$ V, $I_{sv} = 125$ A, $v_{sv} = 20$ cm/min. Jako ochranný plyn byla také použita směs Ar + CO₂ v poměru 80/20 %, s průtokem $Q_{OP} = 13$ l/min. Postup v nastavení byl stejný jako u PM WELCOWARE 1734. Navařené housenky byly bez přerušení a byly rovnoměrné.

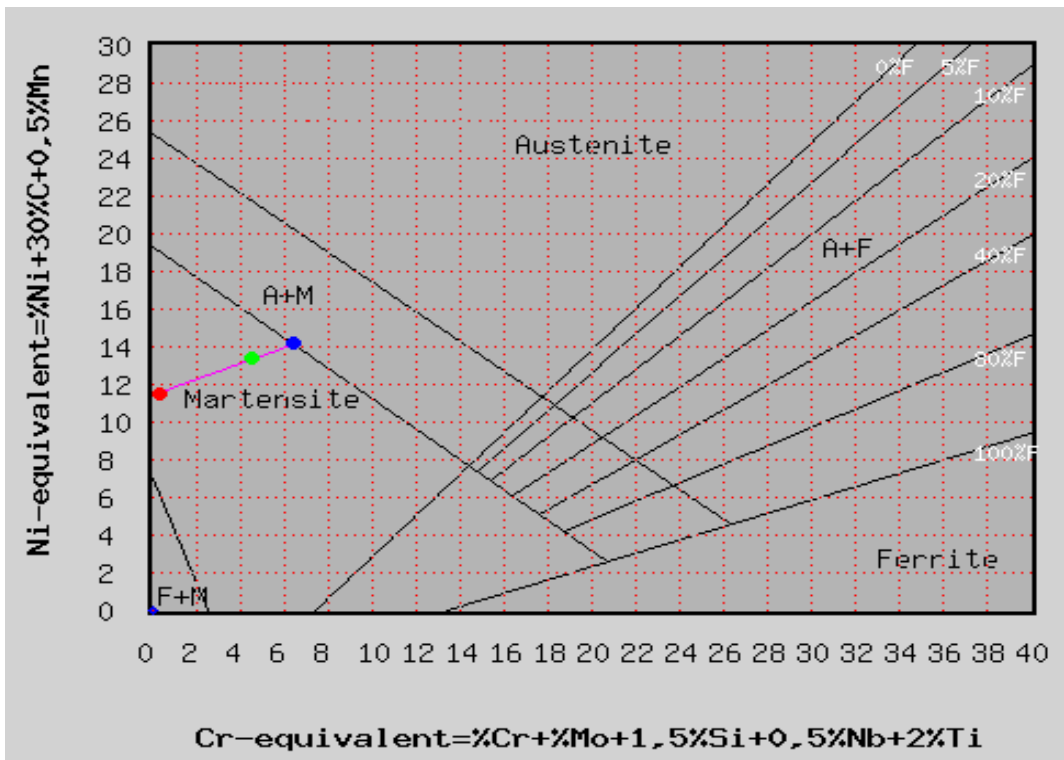
Pro zjištění výsledné struktury navařené vrstvy byl opět použit Schaefflerův diagram. Výsledky chromového a niklového ekvivalentu jsou uvedeny v tab. 9.

Složení	ZM	WE. 1736	20 % PRO
C [%]	0,372	0,45	0,4344
Si [%]	0,2	0,6	0,52
Mn [%]	1,28	1,6	1,536
Cr [%]	0,18	5,5	4,436
Mo [%]	0,001	0,2	0,1602
Ni [%]	0,01	0	0,002
Nb [%]	0,003	0	0,0006
Ti [%]	0,0339	0	0,00678
W [%]	0,01	0	0,002
V [%]	0,008	0	0,0016
N [%]	0	0	0
Cr ekv. [%]	0,5294	6,6	5,38588
Ni ekv. [%]	11,81	14,3	13,802

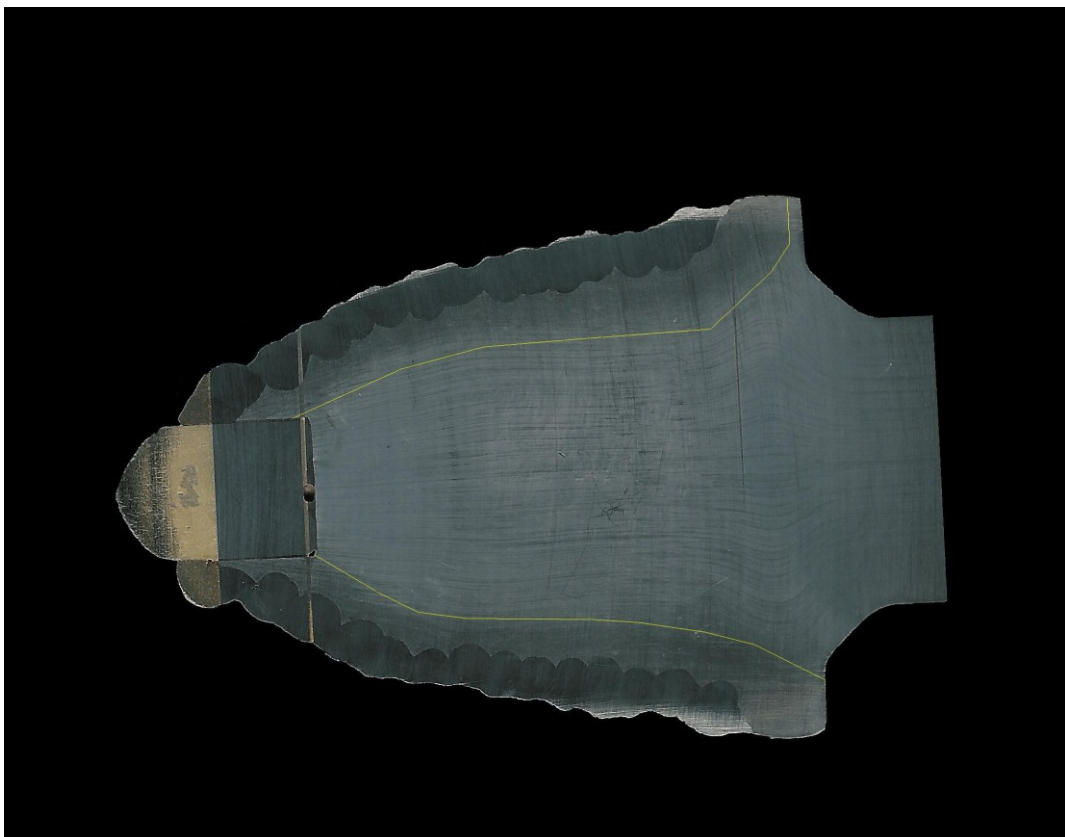
Tab. 9 Cr a Ni ekvivalenty ZM, PM a jejich svárového kovu

Výsledky jsem promítl do Schaefflerova diagramu (červená tečka je základní materiál, modrá tečka je přídavný materiál, zelená tečka je svárový kov), jsou znázorněny na obr. 10. Výsledná struktura přídavného materiálu i svárového kovu při 20 % promísení se základním materiálem bude martenzitická. Čistý svárový kov PM je na hranici strukturní směsi austenitu a martenzitu.

Výsledek navařování lze také zhodnotit na makrografickém snímku navařené zubu, který je znázorněn na obr. 11. Podobně jako u předchozího PM kolmý směr navařování způsobuje vlnitost povrchu, která není na závadu. Žlutou čarou je přibližně znázorněna TOO. Povrch navařené vrstvy je bez znatelných trhlin. Vlivem menšího tepelného zatížení navařovaného nože nedošlo k viditelnému prasknutí karbidové špičky.



Obr. 10 Schaefflerův diagram pro vzorek navařený PM WELCOWARE 1736



Obr. 11 Makrostruktura nože navařeného PM WELCOWARE 1736

3.6 Porovnání funkčnosti navařených nožů v pracovním procesu

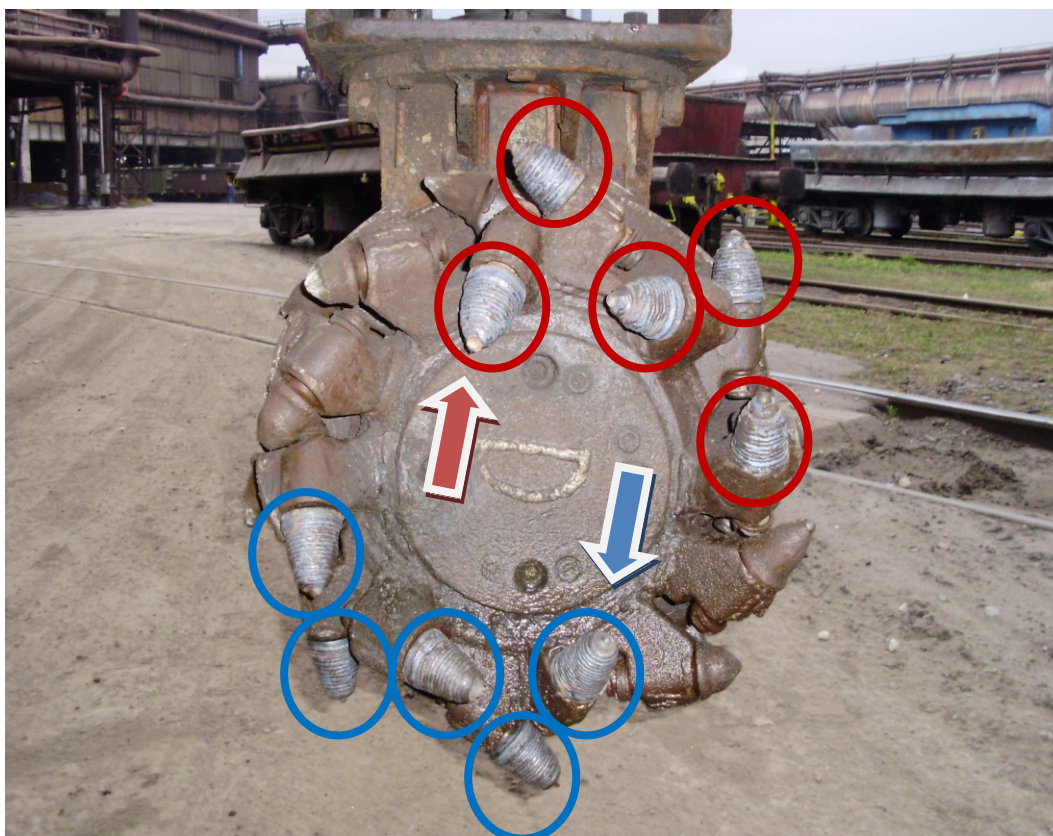
Funkčnost navařených nožů jsem prověřil během frézování části monolitického žárobetonu agregátu vysoké pece. Jednalo se o kyvný železný žlab (viz obr. 12), který slouží ke změně směru toku surového železa naklápěním mezi dvěma pojízdnými torpedomísiči. Jedná se o ocelovou konstrukci vyzděnou trvalou vyzdívkou a zalitou pracovní vrstvou žárobetonu.



Obr. 12 Překlápěcí žlab vysoké pece před renovací frézováním

Po určité době dojde k propálení pracovní vrstvy. Protože životnost trvalé vyzdívky je přibližně 5 let, je třeba v tomto směru zvolit šetrnou metodu odstranění starého betonu. Zde se právě nabízí možnost použití skalní frézy BOART LONGYEAR BF-300 D5, která má

podstatně menší rázovou zátěží, než třeba hydraulické kladivo. Jelikož se tato činnost provádí několik dnů po odstavení žlabu z provozu, byla teplota žlabu shodná s okolím. Při zjišťování funkčnosti navařených nožů byly nože rozděleny do šesti skupin po pěti kusech nožů a bylo provedeno porovnání jejich opotřebení ve třech stejných časových intervalech, během kterých byly tyto skupiny nožů zatíženy pracovním procesem. Všechny časové intervaly byly stejné a trvaly 90 minut, během nich stejný strojník pásového rypadla UDS 211P prováděl frézování žlabu s velice podobným zatížením stroje (poloha plynového pedálu byla nastavena na hodnotě 60 % výkonu stroje). Jelikož tuto práci prováděl stejný strojník, lze předpokládat, že i cit pro nastavení pracovního nástroje rypadla byl ve všech intervalech stejný, tudíž budu považovat podmínky provozu frézy ve všech časových intervalech za stejné. Na obr. 13 je vidět osazení bubnu skalní frézy navařenými zuby. Červenou šipkou je označena pozice číslo 1 a následně ve směru hodinových ručiček je dále pozice číslo 2, 3, 4 a 5. Na stejném bubnu během stejného intervalu byla osazena i druhá skupina nožů, která byla umístěna v zrcadlově otočených nožových držácích. Ta je na obr. 13 znázorněna modrou barvou, modrá šipka je pozice č.1 a ve směru hodinových ručiček dále pozice č. 2, 3, 4, 5.



Obr. 13 Osazení bubnu skalní frézy zkoušenými vzorky nožů

Během prvního časového intervalu byl buben osazen renovovanými a preventivně navařenými noži přidavným materiálem WELCOWARE 1734, které tvořily první skupinu

1734 N (nové nože) s číselným označením 1 až 5, druhou skupinu 1734 S (staré nože) s číselným označením 1 až 5. Ve druhém časovém intervalu byl buben osazen renovovanými a preventivně navařenými noži přídavným materiálem WELCOWARE 1736, které tvořily třetí skupinu 1736 N s číselným označením 1 až 5, čtvrtou skupinu 1736 S s číselným označením 1 až 5. Ve třetím časovém intervalu byl buben skalní frézy osazen preventivně navařenými noži přídavným materiálem WELCO 1700, které tvořily pátou skupinu 1700 N s číselným označením 1 až 5, a šestou skupinu představovaly nové nože bez jakéhokoliv návaru, označené písmenem N s číselným označením 1 až 5.

Během těchto tří časových intervalů včetně doby nutné pro výměnu zkoušených nožů se kyvný žlab vyfrézoval do podoby, která je vidět na obr. 14. Do takto renovovaného žlabu se vloží do horní části plechová forma, která udává funkční tvar výlevek, a znova se zhotoví monolitická pracovní vrstva žárobetonu.



Obr. 14 Překlápěcí žlab po frézování

Během tohoto pokusu jsem zjistil, že nejvíce namáhaná pozice nože je pozice číslo 2 a nejmenší opotřebení vykazovaly nože v pozici číslo 1. Porovnání opotřebení jsem provedl

vizuálně, a to vzhledem ke značným diferencím v opotřebení jednotlivých nožů. Sestavil jsem si srovnávací pole (viz obr. 15), řádky představovaly jednotlivé pozice a sloupce byly rozděleny dle pozic nože.



Obr. 15: Srovnávací pole opotřebovaných vzorků

Je pouhým okem viditelné, že nejvíce opotřebované byly nové, nijak neošetřené nože. Už pouze toto hledisko jasně odpovídá na otázku, zda renovované nebo preventivně navařené nože budou splňovat požadavek na funkčnost. Jednoznačně lze prohlásit, že oba typy navařených nožů překračují výrazně životnost nového nože. Na nejméně zatěžovaném místě, na pozici číslo 1, opotřebení karbidové špičky u preventivně navařených nožů představovalo jen lehké zaoblení, kdežto u nového nože došlo k celkovému odlomení celé špičky. Tento jev se opakoval na všech pozicích nových, nijak neošetřených nožů. U renovovaných nožů nedošlo ani v jednom případě k odlomení karbidové špičky, ani k razantnímu opotřebení těla nože. Samotné srovnání opotřebení nožů představuje velké množství fotomateriálu, které je zobrazeno jako příloha č. 3 bakalářské práce.

Jelikož navařování PM WELCO 1700 bylo prováděno pouze jako preventivní navařování nových nožů, můžu jako vhodnější PM pro navaření opotřebovaných nožů zvolit materiál

WELCOWARE 1736. Renovované nože tímto materiálem jednoznačně vykazovaly menší opotřebení.

U preventivně navařené vrstvy tvrdokovu na nové nože je situace jiná. Zde bylo na výběr ze tří PM, tyto byly rozdělených do dvou metod navařování. U přídavného materiálu WELCO 1700, na pozici číslo 4, došlo k prasknutí karbidové špičky. Tato skutečnost potvrzuje zjištění během provádění experimentálního pokusu na vzorcích označených jako TEST 1, kdy došlo k prasknutí špičky navařeného vzorku. Můžu proto tvrdit, že technologie navařování 111, tedy ruční obloukové navařování obalenou elektrodou, není vhodná pro navařování nože s karbidovou špičkou. Důvodem je vysoká teplotní zátěž této špičky, vedoucí ke vzniku trhlin a praskání samotné špičky. Co se týče opotřebení, vykazoval tento PM velice dobré výsledky, které mírně převyšovaly ostatní PM. Na druhém místě bych uvedl plněný drát WELCOWARE 1736. Nejvíce opotřebené byly nože navařené PM WELCOWARE 1734.

Ještě před samotným použitím nožů skalní frézy by bylo vhodné navařit na ně ochrannou preventivní vrstvu materiálu. Takto ošetřené nože mají vysokou ochranu karbidové špičky a déle si zachovávají původní geometrii. Výrazně se tak zvýší počet renovací použitých nožů.

Toto zjištění vede k závěru, že pro renovované a preventivně navařované nože skalní frézy je nejvhodnější přídavný materiál WELCO 1700 za předpokladu možnosti používat tento PM ve formě plněného drátu pro metodu navařování MIG/MAG, o průměru 1,2 mm respektive 1,6 mm.

3.7 Finanční efektivnost renovace opotřebených nožů [15]

Důležitý ukazatel pro spuštění programu renovace nožů skalní frézy je finanční efektivnost renovace. Náklady vynaložené na renovaci jednoho nože by neměly přesahovat hodnotu jeho pořizovací ceny. Je nutné proto stanovit náklady na renovaci a preventivní navaření nožů u jednotlivých PM, které by neměly přesahovat částku 312 Kč, což je nákupní cena jednoho kusu nože 12,5 € vynásobena přibližným kursem eura vůči koruně 25 Kč/€.

Náklady na renovaci N_r jsem vypočítal součtem nákladů materiálových N_m a nákladů výrobních N_v (viz rovnice (3)). Důležitou hodnotou pro výpočet N_m bude průměrná hmotnost navařené vrstvy, kterou jsem zjistil vážením nožů před a po navaření. Tuto hmotnost

uvedenou v tab. 10 jsem vynásobil nákupní cenou (NC) PM. Z rovnice (4) jsem vypočítal náklady materiálové pro všechny PM.

$$Nr = Nm + Nv \quad (3)$$

$$Nm = \varnothing NAV.PM \times NC \quad (4)$$

		1	2	3	4	5	Ønav.PM
WELCO 1700	N	165	159	168	172	155	163,8 g
WELCOWARE 1734	N	113	109	111	107	107	109,4 g
	S	106	109	102	112	105	106,8 g
WELCOWARE 1736	N	108	114	116	112	110	112 g
	S	105	104	107	109	109	106,8 g

Tab. 10 Množství navařeného kovu na zkoušené vzorky

Výrobní náklady N_v budou zahrnovat náklady na provedení návaru. U obalené elektrody jsem výrobní náklady vypočítal vynásobením potřebného času navařování vzorků označených jako TEST 1 částkou, kterou si účtuje naše dílna za hodinu prací svářeče včetně vlastního svařovacího stroje. Tato částka je 550,- Kč včetně DPH za hodinu prací. Byl změřen čas potřebný pro navaření šesti kusů nových nožů PM WELCO 1700. Jednalo se o dobu 112 minut, a to včetně manipulace s navařovaným nožem a jeho očištění od strusky. Náklady výrobní pro přídatný materiál WELCO 1700 jsem zjistil z rovnice (5) a dostanu hodnotu 171,- Kč.

$$Nv = \left(\frac{112min}{60} \times 550 \right) / 6 ks \quad (5)$$

V případě obou plněných drátů pro metodu navařování MAG budou výrobní náklady zahrnovat fakturovanou částku, kterou jsme zaplatili firmě Strojírny Třinec, a.s. za navaření dvacetičtyř kusů nožů dodaným PM. Jednalo se o částku 125,- Kč za jeden nůž včetně DPH. Tato částka již zahrnuje spotřebovaný ochranný plyn.

a) Náklady na preventivní navaření ochranné vrstvy obalenou elektrodou WELCO 1700. Nákupní cena tohoto PM je 1 984,- Kč za kilogram včetně DPH. Průměrná hmotnost navařené vrstvy na jeden nůž je 163,8 g.

$$Nr = Nm + Nv$$

$$Nm = 0,1638 \times 1\,984,-$$

$$Nm = 325,-$$

$$Nv = 171,-$$

$$Nr = 496,-\text{Kč}$$

Náklady na preventivní navaření ochranné vrstvy jednoho nože skalní frézy přídatným materiálem obalenou elektrodou WELCO 1700 dosáhly hodnoty 496,- Kč, což je o 184,- Kč více než nákupní cena nového nože.

b) Náklady na renovaci a preventivní navaření ochranné vrstvy plněným drátem WELCOWARE 1734. Nákupní cena tohoto PM je 875,- Kč za kilogram včetně DPH. Průměrná hmotnost navařené vrstvy na jeden nůž je 109,4 g. Cena navaření jednoho nože včetně DPH je 125,- Kč.

$$Nr = Nm + Nv$$

$$Nm = 0,1094 \times 875,-$$

$$Nm = 96,-$$

$$Nv = 125,-$$

$$Nr = 96 + 125$$

$$Nr = 221,-\text{Kč}$$

Náklady na renovaci a preventivní navaření ochranné vrstvy jednoho nože skalní frézy přídatným materiálem plněným drátem WELCOWARE 1734 dosáhly hodnoty 221,- Kč, což je o 91,- Kč méně než nákupní cena nového nože.

c) Náklady na renovaci a preventivní navaření ochranné vrstvy plněným drátem WELCOWARE 1736. Nákupní cena tohoto PM je 758,- Kč za kilogram včetně DPH. Průměrná hmotnost navařené vrstvy na jeden nůž je 112 g. Cena navaření jednoho nože včetně DPH je 125,- Kč.

$$Nr = Nm + Nv$$

$$Nm = 0,112 \times 758,-$$

$$Nm = 85, -$$

$$Nv = 125, -$$

$$Nr = 85 + 125$$

$$Nr = 210, -Kč$$

Náklady na renovaci a preventivní navaření ochranné vrstvy jednoho nože skalní frézy přídatným materiálem plněným drátem WELCOWARE 1736 dosáhly hodnoty 210,- Kč, což je o 102,- Kč méně než nákupní cena nového nože.

Z hlediska finanční stránky renovace nožů skalní frézy je nejlevnější variantou navařovat součásti PM WELCOWARE 1736. Při roční spotřebě 700 kusů těchto nožů v našem provozu by ušetřená částka ročně mohla dosáhnout hodnoty 70.000,- Kč. Ještě větší úspory by šlo dosáhnout použitím levnějšího přídatného materiálu, který by snížil materiálové náklady. Ale také by bylo vhodné sestavit podobné polohovadlo, s jehož pomocí by se provádělo navařování součásti metodou MAG ve vlastní svařovací dílně, což by mohlo snížit náklady výroby.

Nesmím opomenout jednu zápornou stránku celé analýzy - posílení České koruny vůči euru, což by mělo za následek snížení nákupní ceny. V praxi by to znamenalo snížení hodnoty ušetřených financí. Hraniční kurs České koruny vůči euru potřebný k vyrovnání mnou spočítaných nejnižších nákladů na renovaci s pořizovací hodnotou nového nože je hodnota 16,8 Kč za jedno €. Myslím si však, že takto drastické posílení české měny nepředpokládají ani neoptimističtější analytici České Národní Banky.

4 ZÁVĚR

Cílem předložené bakalářské práce bylo posoudit možnosti renovace funkčních ploch skalní frézy BOART LONGYEAR BF-300 D5. V teoretické části bakalářské práce jsem nejprve charakterizoval skalní frézu. Provedl jsem popis frézovacího zařízení, zvolil jsem nejvhodnější díl zařízení vhodný pro renovaci, tedy nůž skalní frézy. Charakterizoval jsem technologii renovace nožů skalní frézy navařováním kovu a popsal jsem vlastnosti frézovacího nože. Následně jsem se zaměřil na vhodné metody pro renovaci vybraných součástí a provedl jejich rozbor. V závěru teoretické části jsem zvolil tři přídatné navařovací materiály a určil jejich metodu navařování. V experimentální části bakalářské práce bylo provedeno navaření několika vzorků nožů vybranými přídatnými materiály, které bylo rozdělené do tří skupin s označením test 1 až 3. Funkčnost navařených vzorků byla odzkoušena během procesu frézování překlápěcího žlabu vysoké pece. Následně jsem provedl praktické porovnání opotřebených navařených nožů. Jako nejvhodnější přídatný materiál jsem vyhodnotil plněný drát WELCOWARE 1736. Také jsem ekonomicky zhodnotil finanční efektivnost renovace opotřebených nožů, tedy jednotlivé varianty navařování a určil jsem podmínky rentability renovace.

Nejvhodnějšími díly skalní frézy určenými k možné renovaci jsou nejvíce opotřebované části skalní frézy, a tedy frézovací nože. Právě jejich opotřebením snižuje funkčnost celého zařízení, proto se musí často měnit, a ve stávající praxi se již více nepoužívají. Jako nejvhodnější metodu renovace jsem stanovil technologii navařování ochranné vrstvy na použitý nůž, tedy doplnění chybějícího materiálu, nebo se tato metoda použije k vytvoření preventivní ochranné vrstvy na novém noži. Z několika technologií navařování jsem zvolil dvě metody. Rozhodujícím faktorem pro tuto volbu byla dostupnost strojního vybavení v naší svářečské dílně, popřípadě v jiné dceřiné společnosti Třineckých železáren, a.s.

Jako první metoda byl vyzkoušen způsob navařování elektrickým obloukem obalenou tavící se elektrodou. Ze široké nabídky navařovacích materiálů jsem vybral obalenou elektrodu WELCO 1700 od dodavatele PM firmy WELCO. Tato metoda navařování není příliš vhodná pro naše použití, protože vlivem vysokého tepelného zatížení navařované součástky došlo u dvou kusů z šesti navařovaných nožů k prasknutí karbidové špičky. U analyzovaného vzorku jsem také zjistil výskyt trhlin v navařené vrstvě, které procházely od povrchu až k základnímu materiálu. Výrobce této elektrody sice avizuje možnost výskytu drobných trhlin, které nejsou na závadu, ale takto rozsáhle trhliny můžou způsobit odloupení navařené vrstvy. Také finanční aspekt navařování tímto PM nebyl vyhovující. Konečné náklady vynaložené na preventivní navaření ochranné vrstvy jednoho nože dosáhly hodnoty 496,- Kč, což je o 184,- Kč více než nákupní cena nového nože. Tato částka je prakticky více

než dvojnásobkem částky vynaložené na navařování ostatními PM. I když z hlediska nejmenšího opotřebení těchto nožů byl nejvhodnějším přídatným materiálem obalená elektroda WELCO 1700, vysoké renovační náklady nebyly podloženy tak vysokou otěruvzdorností. I kdyby byl použit tento přídatný materiál ve formě plněného drátu a množství navařeného kovu by bylo srovnatelné s ostatními zkoušenými plněnými dráty, při stávající ceně tohoto materiálu 1 984,- Kč za kilogram PM se náklady na renovaci a vytvoření preventivní ochranné vrstvy budou pohybovat kolem částky 340,- Kč, což je stále více než nákupní cena nového nože. Proto k tomuto navařovacímu materiálu a metodě navařování kladu zamítavý posudek.

Druhou metodou byla technologie navařování plněným drátem v ochranné atmosféře aktivního plynu. Zde jsem jako přídatný materiál zvolil plněné dráty WELCOWARE 1734 a WELCOWARE 1736. Experimentální pokus navaření nových a opotřebovaných nožů mi zhotovila firma Strojírny Třinec, a.s. na polohovadle přizpůsobeném pro navařování rotačních dílců. Tento způsob snížil teplotní zatížení navařované součástky, také výrazně snížil průměrnou hmotnost navařené vrstvy. U obalené elektrody se jednalo o hmotnost vrstvy cca 163 g, kdežto u plněného drátu tato vrstva měla hmotnost kolem 112 g. Tato skutečnost společně s výrazně nižší nákupní cenou plněných drátů (WELCOWARE 1734 – 875,- Kč/kg, WELCOWARE 1736 - 758,- Kč/kg) se kladně projevila u finanční stránky navařování. Když jsem k materiálovým nákladům připočítal částku 125,- Kč jakožto výrobní náklad, dosáhl jsem hodnoty celkových nákladů na renovaci jednoho nože ve výši 221,- Kč pro PM WELCOWARE 1734 a ve výši 210,- Kč pro PM WELCOWARE 1736. Tímto výpočtem jsem schopen dosáhnout úspory 91,- Kč, respektive 102,- Kč na jednom renovovaném noži. Menší opotřebení vykazovaly nože navařené plněným drátem WELCOWARE 1736. Společně s touto skutečností a částkou vynaloženou na navařování daným PM dávám kladný posudek pro metodu navařování plněným drátem v ochranné atmosféře poloautomatizovaným způsobem, materiálem WELCOWARE 1736. Při roční spotřebě 700 kusů nožů skalní frézy tak lze ušetřit zhruba 70 000,- Kč, které lze opětovně vynaložit například na modernizaci strojního vybavení naší svářečské dílny. Maximální cena PM pro navařování plněným drátem za předpokladu spotřebování 112 g navařovacího materiálu a ceny navařování 125,- Kč je hodnota 1 669,- Kč/kg PM.

Testy prokázaly, že je vhodné upřednostnit navařování preventivní ochrannou vrstvou před použitím na nové nože, preventivní ochranná vrstva prodlouží životnost nože. Při provádění experimentálního pokusu na zkoušených vzorcích vykazovala tato ochranná vrstva vysokou schopnost ochránit karbidovou špičku. Jedná se o zachování geometrie nástroje s vyšší funkčností a také o zvýšení počtu možností renovace nože.

Jestliže by byl spuštěn program renovace nožů skalní frézy ve společnosti D 5, a.s. Třinec, jako první krok by bylo zhotovení manipulátoru, který by umožňoval navařovat nože automatizovaným způsobem za použití vlastního strojního vybavení. Mělo by se jednat o MAG navařování. Navařovaná součást by měla vykonávat rotační pohyb vůči své ose a svařovací hořák by měl vykonávat přímočarý pohyb ve směru osy navařované součásti. Nutností by byla plynulá, vzájemně nezávislá regulace rotace nože a posuvu hořáku. Díky používání vlastního manipulátoru by došlo ke snížení výrobních nákladů. Dalším krokem by bylo sjednání množstevní slevy na odběr navařovacího materiálu. Pro renovaci 700 kusů s průměrnou hmotností navařené vrstvy 112 g by se jednalo o množství blízké se hmotnosti 80 kg. Při nákupní ceně 758,- Kč za kilogram navařovacího materiálu WELCOWARE 1736 by roční náklady přesáhly částku 60 000,- Kč. Za předpokladu kvalitního uskladnění tohoto PM by bylo možné dojednat slevu za jednorázový odběr. Další možností snížení materiálových nákladů je změna navařovacího materiálu nebo dodavatele. Jiný navařovací materiál by musel vykazovat podobné vlastnosti jako zvolený plněný drát a stejně podobné parametry jako chemické složení a tvrdost vzniklé vrstvy by musel mít i navařovací materiál od jiného dodavatele.

Velice výhodná, ale finančně nákladná by byla změna metody navařování. Technologie navařování plazmou je nový progresivní směr renovace opotřebených dílů i výroby nových součástí. Tělo součásti je zhotoveno z levnějšího materiálu a povrch se zušlechťuje navařením kvalitního kovu. Jedná se často o plně automatizovaný proces, navařovací centra jsou ovládána pomocí PC a vhodných CAM programů. Jako přídavné materiály se používají dráty nebo kovové prášky. Touto metodou dochází k velice nízkému promísení navařovaného kovu se základním materiálem. Navařuje se zde tenká funkční vrstva kovu, což výrazně snižuje hmotnost navařené vrstvy. Plazmou se výhodně navařují speciální materiály na bázi karbidů nebo kobaltu. Posledně jmenované navařovací materiály by byly pro naše použití obzvláště vhodné, jelikož odolávají vysokým teplotám až 1000°C.

Dalším trendem do budoucna by mohla být dle mého názoru snaha o optimalizaci výroby nového nože skalní frézy. Vynechal bych metodu zušlechtění (nitridace, cementace, kalení) povrchu nože a namísto ní bych zvolil navaření ochranné vrstvy speciálním kovem podle potřeby provozu celého zařízení. Jelikož navařené ochranné vrstvy vykazovaly tvrdost (provedeným kontrolním měřením) udávanou výrobcem, vhodnou volbou nebo kombinací navařovacího materiálu by byla možnost vynechat v konstrukci nože i samotnou karbidovou špičku, která zaujímá výrazný podíl v ceně nového nože.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB, KOLEKTIV AUTORŮ: *Materiály a jejich svařitelnost*; nakladatelství ZEROSS Ostrava, leden 2001, 292s., ISBN 80-85771-85-3.
- [2] ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB, KOLEKTIV AUTORŮ: *Technologie svařování a zařízení*; nakladatelství ZEROSS Ostrava, srpen 2001, 393s., ISBN 80-85771-81-0.
- [3] ESAB VAMBERK: *Příručka pro výběr a použití přídavných materiálů pro opravy a údržbu*; ESAB Vamberk s.r.o., 6. aktualizované vydání listopad 2011, 134s.
- [4] MINAŘÍK V.: *Přehled metod svařování*; nakladatelství ZEROSS Ostrava, 3. aktualizované vydání 2011, 82s., ISBN 80-86698-18-1
- [5] KOUKAL J., ZMYDLENÝ T.: *Svařování I*; VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1. vydání 2005, 136s., ISBN 80-248-0870-6
- [6] MOHYLA M.: *Strojírenské materiály I*; VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2. vydání 2006, 146s., ISBN 80-248-0270-8
- [7] ESAB.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-15]. Prodejce svářečské techniky a přídavných materiálů pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://products.esab.com/Templates/T095.asp?id=72893&MainHeadCode=Hardfacing>>.
- [8] ESAB.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-15]. Prodejce svářečské techniky a přídavných materiálů pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://products.esab.com/Templates/T095.asp?id=72895&MainHeadCode=Hardfacing>>.
- [9] CASTOLIN.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-17]. Prodejce svářečské techniky a speciálních přídavných materiálů pro svařování. Dostupné z WWW: <http://www.castolin.cz/wCastolin_cz/Prospekty/Castolin-CASTOMAG-10.08.indd.pdf>.
- [10] WELCO.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-21]. Prodejce přídavných materiálů pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.welco.cz/katalog/navary-trubickove-draty>>.
- [11] WELCO.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-21]. Prodejce přídavných materiálů pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.welco.cz/katalog/navary-obalene-elektrody>>.

- [12] WELCO.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-28]. Prodejce přídavných materiálu pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.welco.cz/library/files/welco/WELCOWARE1734.pdf>>.
- [13] WELCO.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-28]. Prodejce přídavných materiálu pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.welco.cz/library/files/welco/WELCOWARE1736.pdf>>.
- [14] WELCO.CZ [online]. 2012 [cit. 2012-01-28]. Prodejce přídavných materiálu pro svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.welco.cz/library/files/welco/1700.pdf>>
- [15] NOVÁK J.: *Organizace a řízení*; VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1. vydání 2006, 106s., ISBN 80-248-1223-1

6 SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Kopie protokolu o zkoušce (chemické složení nože) |
| Příloha č. 2 | Kopie zkušebního protokolu zkoušky tvrdosti |
| Příloha č. 3 | Fotodokumentace vyhodnocování experimentálního pokusu |

Příloha č. 1 Kopie protokolu o zkoušce (chemické složení nože)



bezpečnost - zdraví - prosperita

ENVIFORM a.s.
Závodní 814
739 65 Třinec-Staré Město

Pracoviště zkušební laboratoře:
Centrum Zkušeben
Průmyslová 1041
739 70 Třinec, Staré Město

Tel : 558 532 091, 558 535 575
558 532 720, 558 535 578
Fax : 558 537 383
E-mail : Eduard.Svaty@trz.cz

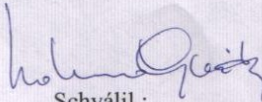
PROTOKOL O ZKOUŠCE
zkušební laboratoře č. 1609 akreditované ČIA
č. CZ/2012/259

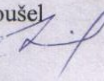
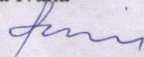
Jméno zákazníka : Lasota Jindřich, Ing.
Adresa zákazníka : JV - ENVIFORM a.s.
Popis vzorku : Vzorek čepu, d=25mm
Datum přijetí vzorku : 28.07.2011
Datum provedení zkoušky : 28.07.2011
Identifikace zkušební metody : Optická emisní vakuová spektrometrie - PPO CZ-10/402(403,404, 405) -
akr. zk. 1
Metoda IČ absorpce po spálení v indukční peci (C)-PPO CZ-10/111 -
akr. zk. 3
Metoda IČ absorpce po spálení v indukční peci (S)-PPO CZ-10/111 -
akr. zk. 4

Ozn. vz.	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Alc	Mo
TC7962 1 CEP	[%] 0,372	[%] 1,28	[%] 0,200	[%] 0,017	[%] 0,005	[%] 0,01	[%] 0,18	[%] 0,01	[%] 0,033	[%] 0,001
	W	V	Ti	Co	As	Sn	B	Cac	Nb	
	[%] 0,01	[%] 0,008	[%] 0,0339	[%] 0,002	[%] 0,003	[%] 0,001	[%] 0,0024	[%] 0,0019	[%] 0,003	

Centrum Zkušeben prohlašuje, že se výsledky zkoušek týkají pouze dodaného zkušební vzorku (dodaných zkušebních vzorků). Bez písemného souhlasu Centra Zkušeben nesmí být protokol reprodukován jinak, než celý.

V Třinci dne :
19.01.2012


Schválil :
Ing. Eduard Svátý
vedoucí Centra Zkušeben

Vypracoval / Přezkoušel
Čmiel Jan / 
Konečná Ivana




Příloha č. 2 Kopie zkušebního protokolu zkoušky tvrdosti



ENVIFORM s.r.o. - Zkušební centrum

CZ – Centrum zkušeben
CZm - Mechanické zkušebny

ZKUŠEBNÍ PROTOKOL
Zkoušky tvrdosti

Protokol č.	2
Počet stran	2
Strana	2

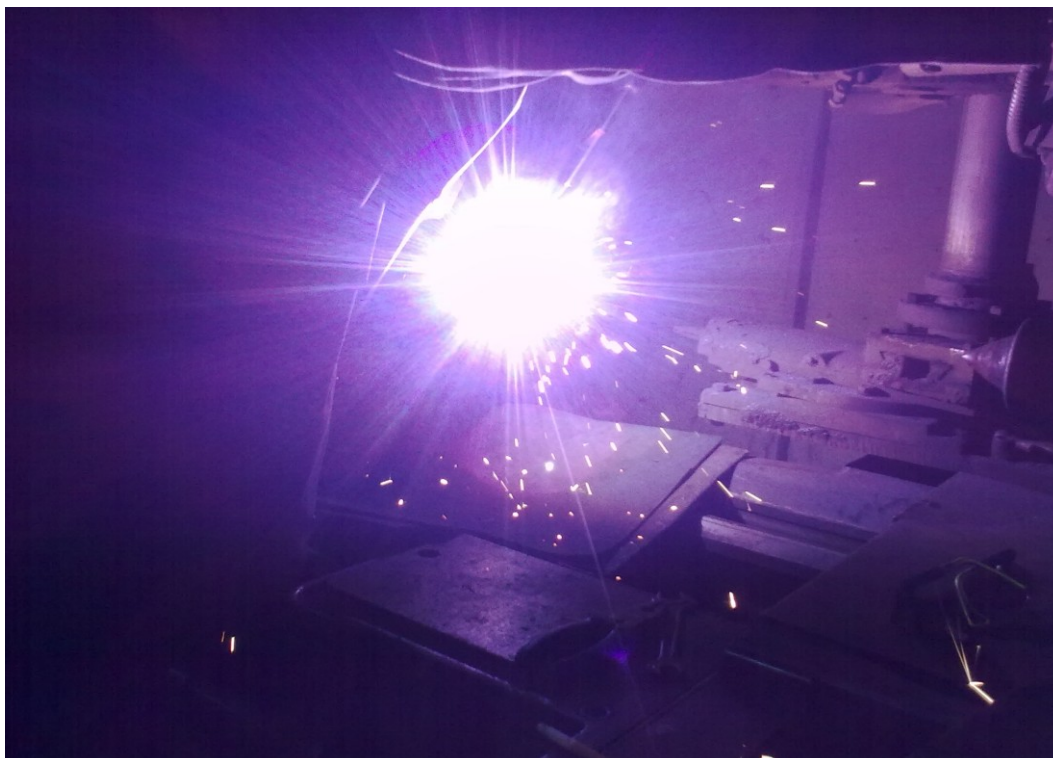
Zákazník, konto : D5		Měřidlo : -----		Zkoušební stroj : 9299-7-24		Zkouška provedena dle : CSN EN ISO 6508-1										
Datum přijetí: 24.7.2011		Výrobek		Brinell		Rockwell		Vickers		Doba zatížení s						
Matériál	Číslo tavby	Značka oceli	DTP	St m.	Druh	Rozměr mm	Kulička Ø mm	Zatížení N	Ø visku mm	HBW	HRC	HRB	HV	Úhlopříčka vřetiska d	Zatížení N	Poznáмка
Tělo hrotu		14240	---	---	---	---	---	---	---	---	39	---	---	---	10	
Hrot		Slinutý karbit	---	---	---	---	---	---	---	---	65	---	---	---	10	
---			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10	
---			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10	
Datum provedení : 29.7.2011		Zkoušel : <i>Kalendař</i>		Vedoucí TZmm : <i>Kalendař</i>		Zkoušební komisař : -----		Rozdělovník : 1xD5		Převzal : -----						

ENVIFORM s.r.o.
Závodní 87, 250 65, Třemošná-Město
IČ: 258 56 047, DIČ: CZ25856047

Prohlášení:
1) Uvedené výsledky zkoušení se týkají pouze zkoušených zkušebních těles uvedených v záhlaví.
2) Bez písemného souhlasu TZmm. se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.



Příloha č. 3.1 Upevněný nůž v polohovadle pro MAG navařování plněným drátem



Příloha č. 3.2 Proces MAG navařování



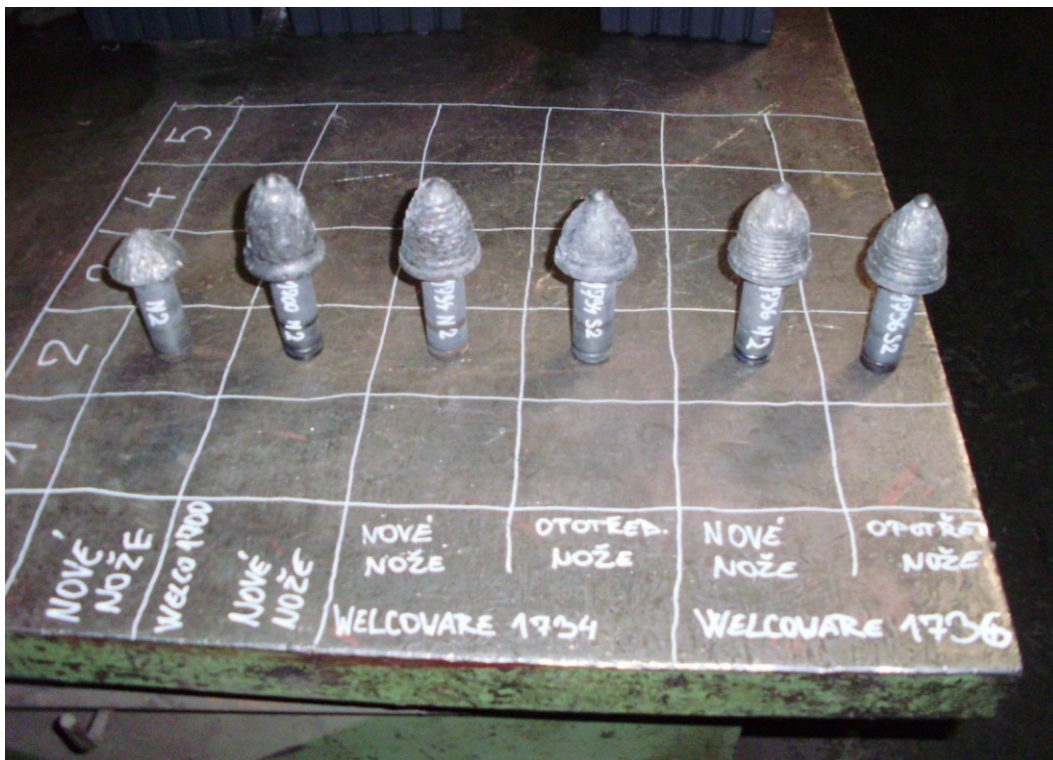
Příloha č. 3.3 Sestavení zkoušených nožů do porovnávacího pole



Příloha č. 3.4 Prasklina špičky na pozici č. 4 preventivně navařeného nože PM WELCO 1700



Příloha č. 3.5 Detail praskliny karbidové špičky



Příloha č. 3.6 Pozice č. 2, nejvíce opotřebené nože u všech PM



Příloha č. 3.7 Nejvíce opotřebená řada zkoušených nožů se znatelným opotřebením funkční délky nože



Příloha č. 3.8 Porovnání dvou opotřebovaných nových nožů, první je preventivně navařený materiálem WELCO 1700 a druhý je bez jakékoliv ochrany



Příloha č. 3.9 Porovnání dvou opotřebovaných nových nožů, preventivně navařených materiály WELCOWARE 1736 a WELCOWARE 1734