

Penggunaan Kaedah Aliran Angin untuk Mengatasi Masalah Kecacatan Produk Plastik (Air Vent to Solve Plastic Product Defects)

Norjamalullail Tamri* & Rozli Zulkifli

Jabatan Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM Bangi

*Corresponding author: n.jamalullail@gmail.com

Received 19 July 2021, Received in revised form 7 June 2021

Accepted 18 August 2021, Available online 30 March 2022

ABSTRAK

Kecacatan produk plastik adalah satu mimpi ngeri untuk setiap pekerja di sektor pengilangan proses pengacuan suntikan. Kecacatan produk seperti produk tidak penuh (short mould), kesan terbakar (burn mark), lebihan (flashing), kesan melengkung (warping), kesan gelombong udara (bubble) dan sebagainya. Aliran angin (air vent) adalah satu saluran atau longkang yang dibuat pada permukaan acuan, di tengah batang ejektor; di celah sambungan blok di dalam acuan atau ditempat-tempat yang sesuai. Aliran ini dibuat semasa proses pemasangan acuan baru atau selepas acuan dipasang atau semasa acuan sedang dijalankan mengikut kesesuaian keperluan. Kedudukan serta saiz aliran angin ditentukan mengikut analisa perjalanan bahan mentah (menggunakan software seperti Moldflow) ataupun berdasarkan pengalaman pembuat acuan ataupun menggunakan kaedah cuba dan guna (trial and error) yang biasa dilakukan setelah produk mengalami masalah. Jika kadar masa yang diambil adalah kurang dari masa yang diperlukan semasa bahan leburan dimasukkan ($S^2 > S^1$), maka ia boleh dikatakan udara tidak dapat dilepaskan semasa bahan leburan dimasukkan ke dalam rongga acuan. Maka ini akan menghasilkan produk yang mempunyai masalah. Kajian dijalankan secara rujukan kertas ilmiah dan empat (4) kes secara praktikal diberikan. Selepas pengubahsuaian untuk setiap kes yang dibentangkan, banyak kebaikan yang di perolehi dari segi masa dan jumlah kecacatan yang dihasilkan. Tetapi proses ini hanya dapat dikekalkan jika pembersihan acuan dan jangka hayat untuk penyelenggaraan minor haruslah dilakukan untuk mengelakan saluran aliran angin (air vent) dari tertutup. Dari segi kos operasi pula kadar penurunan jumlah produk yang cacat berkurangan dengan ketara sekali didalam kes pengubahsuaian penambahbaikan.

Kata kunci: Aliran angin; produk plastic; kecacatan produk; pengacuan suntikan; acuan suntikan

ABSTRACT

The product from plastic has occurred many defects and caused more difficulties to the worker in the injection moulding manufacturing sectors. There are some of few samples of defected plastic product such as shot short, burn mark, flashing, warping, bubbles and et cetera. Air vent is the marking line was designed on the mould. This air vent line has constructed in the centre of the ejector rod. Air vent also invented at the block in the mould or suitable places. This airflow line will occur during, while or after setting up a new mould installation processes. The position and size of the airflow line will determine the analysis of flow rate for raw material. Other factors also counted such as working experience and trial and error concepts. If the injection time is lesser than the from recommended timing ($S^2 > S^1$), will cause the gases to emit from melting material will be trapped into the mould. This scenario will occur defects to the products. According to the journal papers, four (4) cases were practically addressed about plastic products defects. All study has presented and addresses cases, many benefits were obtained in terms of time and number of defected products. But this process only can be controlled if the mould maintenance and mould lifespan where repaired. Hence the cost of operation and the number of defected products is significantly decreased as well as increased the number of products.

Keywords: Air vent; plastic product; plastic defect; injection moulding; injection mould

PENGENALAN

Penghantaran produk yang selalu lewat akan menyebabkan pihak pelanggan terpaksa memberhentikan proses pemasangannya. Hal ini menyebabkan kelewatan penghantaran barang siap pelanggan kepada pelanggan mereka. Punca kelewatan adalah disebabkan produk yang mengalami masalah kecacatan yang banyak. Pelbagai punca yang menyebabkan kegagalan dan kecacatan produk tersebut.

Kadar kecacatan produk yang tinggi juga boleh menyebabkan kos kerja pemilihan atau pembaikan produk semula akan meningkat dan ini menyebabkan syarikat terpaksa membelanjakan kos yang tinggi dalam pembuatan produk tersebut. Penerimaan atau penolakan sesuatu produk dibuat pada produk akhir dan ini menyebabkan kecacatan sesuatu produk tetap berlaku dari hari ke hari. Sepatutnya kualiti produk dibina di dalam proses bukannya pada produk akhir. Bagaimanakah perkara ini boleh diatasi. Kepelbagaian produk yang mengalami kecacatan seperti produk tidak penuh (*shot short*), kesan terbakar (*burn mark*), lebihan (*flashing*), kesan melengkung (*warping*), kesan gelombang udara (*bubble*) dan sebagainya amat menghantui mereka yang menjalankan proses pembuatan pengacuan suntikan. Terdapat kepelbagaian kaedah untuk mengatasinya, kebanyakan kaedah adalah bergantung kepada keadaan acuan, keadaan mesin, jenis bahan mentah serta pengendaliannya dan akhir sekali pengendalian parameter. Parameter boleh mengubah keadaan produk jika penyelarasan dilakukan dengan betul dan bersesuaian (Tamri et al. 2020).

Dalam proses pengacuan suntikan, bahan leburan akan melalui rongga kosong di dalam acuan samada melalui spru, get dan seterusnya masuk ke dalam rongga untuk pembentukan produk. Proses ini adalah satu kaedah dimana bahan leburan menggantikan udara yang berada di dalam rongga dengan plastik cair. Udara yang terdapat di ruang ini terjadi apabila acuan dirapatkan ketika proses penghimpitan (*clamping*) dilakukan (Ganeshkar et al. 2014).

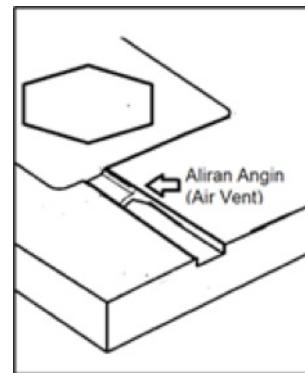
Adalah sukar untuk melepaskan udara yang terperangkap di dalam ruang kaviti, begitu juga kesukaran untuk mengurangkan kesan rintangan terhadap bahan leburan ketika bahan leburan bergerak memenuhi ruang kosong kaviti, dan akhirnya ia akan menimbulkan satu kesan tekanan terhadap produk yang dihasilkan. Ia juga boleh melibatkan pembengkokan atau kerosakan komponen di dalam acuan seperti pin kore, pin produk dan sebagainya yang disebabkan oleh kesan rintangan dan kesan udara yang terperangkap di dalam acuan (Ganeshkar et al. 2014).

Perlu juga diingat bahawa dalam perjalanan bahan leburan dari barel juga membawa gas-gas yang terhasil dari proses peleburan (*compounding*) di dalam barel. Jika gas dan udara bercampur dan tidak dilepaskan dengan sempurna, masalah produk akan terjadi. Maka kita memerlukan satu mekanisma untuk melepas udara dan gas yang terhasil. Apabila kita berjaya melepaskan udara dan gas ini, maka kualiti produk akan dapat dikekalkan.

Terdapat banyak artikel dan buku teks yang ditulis tentang aliran angin serta masalah yang dihadapi, tetapi mereka tidak menjelaskan kerumitan apa yang sebenarnya berlaku dan kesannya, bukan hanya pada bahagian yang disuntik tetapi akibat dari masalah ini. Tanpa pengetahuan yang mendalam, keputusan yang diambil untuk meletakkan saluran aliran angin (*air vent*) di tempat yang betul beserta dengan ukuran, jumlah saluran dan berapa kedalaman saluran menjadi tidak tepat. Ini yang menyebabkan kaedah “cuba dan guna” akan diamalkan sehingga ia berjaya.

KAJIAN ILMIAH

Kebanyakan dari para pegawai teknikal yang menyelaraskan parameter pengacuan suntikan tidak begitu menggunakan teknik pembuatan aliran angin untuk menyelesaikan sesuatu masalah produk. Aliran angin adalah satu saluran atau longkang yang dibuat pada permukaan acuan, di tengah batang ejektor, di celah sambungan blok di dalam acuan atau di tempat-tempat yang sesuai. Aliran ini dibuat semasa proses pemasangan acuan baru atau selepas acuan dipasang atau semasa acuan sedang dijalankan mengikut kesesuaian keperluan seperti di dalam Rajah 1. Kedudukan serta saiz aliran angin boleh ditentukan mengikut analisa perjalanan bahan mentah (menggunakan software seperti *Moldflow*) ataupun berdasarkan pengalaman pembuat acuan ataupun menggunakan kaedah cuba dan guna (*trial and error*) yang biasa dilakukan setelah produk mengalami masalah.



RAJAH 1. Contoh aliran angin di atas permukaan acuan

Pada asasnya, faktor pengiraan jumlah pelepasan udara yang perlu dibina adalah seperti: -

1. Rongga produk di dalam acuan tidak kosong ketika bahan leburan memasukinya, ia dipenuhi dengan udara. Udara ini perlu dilarikan atau melarikan diri untuk menghasilkan produk yang berkualiti.
2. Aliran angin dibina untuk udara untuk keluar bukan untuk laluan bahan leburan. Dengan mengambil contoh ketika kita ingin membuka saluran air ketika ingin menyiram bunga, bunyi cebisan udara yang keluar sebelum air keluar adalah contoh bagaimana udara dilepaskan sebelum bahan leburan memasuki rongga acuan.

Bahan leburan plastik disuntik ke dalam acuan pada kadar aliran tertentu, biasanya disukat dalam kiraan m^2/sec . (kadar halaju suntikan (*pressure speed*) di dalam sistem penyalaraan parameter penyuntikan acuan.)- katakan halaju ini sebagai X^1 .

Kadar ruang ruangan udara didalam acuan boleh dihitung dengan mengira jumlah isipadu keseluruhan rongga produk termasuk saluran spru yang ada di dalam acuan. Dengan mengambil kira kadar isipadu dan dibahagikan dengan kadar kemasukan bahan leburan maka masa dapat dikira. Kita katakan masa tersebut sebagai S^1 .

Bilangan kadar pelepasan udara boleh dihitung dengan mengira: -

1. Keluasan saluran aliran angin (*air vent*) yang dibina atau terbina di dalam acuan.
2. Dengan mengambil kira 20 % pelepasan udara melalui celahan blok dengan ejektor

Kadar halaju suntikan X^1 dibahagi dengan kadar pelepasan udara dikira dan dibandingkan. Masa untuk pelepasan udara dikira sebagai S^2 .

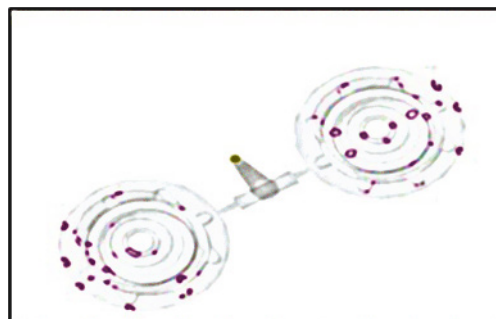
Jika kadar masa yang diambil adalah kurang dari masa yang diperlukan semasa bahan leburan dimasukkan ($S^2 > S^1$), maka ia boleh dikatakan udara tidak dapat dilepaskan semasa bahan leburan dimasukkan ke dalam acuan. Maka ini akan menghasilkan produk yang mempunyai masalah.

Itulah pengiraan yang mudah untuk dilakukan. Kadar aliran angin adalah faktor yang paling penting dalam menentukan sejauh mana kesan aliran angin tersebut.

Secara amnya, kadar pelepasan udara yang keluar dari acuan mestilah sama dengan kadar kemasukan bahan leburan yang memasuki acuan. Andaikan produk mengalami masalah tidak penuh (*short shot*), dengan keadaan ketebalan dinding produk yang nipis, kita akan menurunkan kadar halaju suntikan didalam usaha untuk memenuhi tempat tanpa sebarang terbentuknya gelombong udara (*void*). Satu atau dua saluran aliran angin boleh mengalirkan udara keluar dengan lancar. Maka untuk jarak pengisian rongga yang pendek, kaedah ini akan berjaya tetapi jika jarak rongga nipis dan panjang adakah kaedah ini akan berjaya? Kita tidak boleh memperlakan halaju suntikan kerana bahan akan beku sebelum sampai dipenghujungnya. Secara logiknya jika jarak pendek dengan halaju yang rendah maka masa diperlukan untuk udara dilepaskan akan jadi pendek. Jika jarak menjadi lebih panjang maka masa yang lebih diperlukan. Bagaimanakah kita hendak mengurangkan masa ini? Lain tidak lain adalah dengan menambah jumlah saluran aliran angin untuk mempercepatkan masa pelepasan udara serta kita boleh menambah kadar kelajuan halaju suntikan. Ini juga adalah satu kaedah untuk menandatangani masalah kualiti terhadap produk plastik.

Menurut Rahul, [Khichadi, R.S. 2013] melalui satu ujian terhadap produk Batteri *Vent Plug* dengan menggunakan analisa *Mould Flow* telah berjaya menimbulkan beberapa kesan titik-titik merah jambu didalam analisa yang dijalankan. Titik-titik merah jambu (gelombong udara) seperti di Rajah 2 ini dihasilkan dari sekumpulan udara

yang terperangkap di dalam produk tersebut. Ia berjaya dihilangkan apabila satu saluran aliran angin diwujudkan.



RAJAH 2. Titik-titik merah gelombong udara
Sumber: Khichadi (2013)

Dengan mewujudkan satu saluran aliran angin yang bersaiz 0.03 mm di bahagian kore acuan [Khichadi, R.S. 2013] serta kaviti acuan, gelombong udara yang terperangkap berjaya dikurangkan. Hasilnya terdapat beberapa masalah kualiti yang lain seperti kesan terbakar (*Burn Mark*), kesan tidak penuh (*Short Shot*) dan kecatatan permukaan (*Surface Blemishers*) berjaya juga diatasi. Di dalam kajian ini juga, pelepasan udara atau saluran aliran angin juga diwujudkan di antara ruangan ejektor di dalam jarak 0.02mm pada setiap sisi batang ejektor.

Menurut Griffith (Griffiths et al. 2011), kadar pelepasan udara boleh mempengaruhi kualiti produk secara dinamik dengan kadar pengisian kaviti oleh bahan plastik lebur. Phenomena ini dihasilkan semasa pemantauan proses penggunaan pengacuan suntikan berjenis *microinjection*. Perihal ini adalah sangat penting didalam memahami kesan terhadap penukaran parameter yang berbeza yang boleh menyebabkan perubahan dari segi kualiti produk yang dihasilkan. Faktor kualiti boleh dikaitkan dengan kadar kelajuan pemindahan udara yang terperangkap didalam rongga acuan semasa proses penyuntikan secara *microinjection* dilaksanakan.

Salah satu faktor yang penting ketika membuat rekabentuk produk adalah mengurangkan udara yang terperangkap di dalam rongga acuan (Griffiths et al. 2011). Lazimnya udara yang terperangkap biasa terbebas keluar melalui celahan blok di dalam acuan atau melalui celahan di antara blok kore dan ejektor pin, tetapi kadar kemasukan bahan leburan yang terlalu pantas menyebabkan udara tersebut tidak sempat lari keluar. Ini menyebabkan kita terpaksa membuat saluran aliran angin tambahan. Tetapi perlu diingat bahawa saluran udara tambahan boleh menyebabkan berlakunya lebihan produk (*Flashing*) jika kita membuatnya dengan ukuran yang besar atau kesan kehausan (*wear and tear*) untuk jangka masa panjang juga boleh mengakibatkan ia menjadi lebihan.

Apabila bahan leburan disuntik ke dalam rongga, bahan leburan akan masuk menggantikan udara yang ada di dalam ruangan aliran bahan leburan. Udara yang bermastautin di dalam rongga perlu mencari jalan untuk melepaskan diri sebelum bahan leburan sampai ke dalamnya. Terdapat

beberapa bahagian yang mempunyai ketebalan yang berlainan di dalam acuan, atau tidak seragam, ini juga punca udara tidak boleh terbebas dengan sekata, dan jika masa yang tidak tepat, udara masih terdapat didalam rongga semasa bahan leburan tiba, maka udara dan bahan leburan bercampur dan mengakibatkan beberapa masalah seperti kesan garisan perak, produk tidak penuh atau kesan terbakar akan terjadi.

Satu analisa proses pengacuan suntikan telah mendapati bahawa bahan leburan akan memasuki bahagian ronggga yang nipis terlebih dahulu sebelum memasuki rongga yang lain (Shen et al. 2008). Ini bermakna udara yang berada didalam rongga yang kecil perlu keluar dahulu sebelum bahagian yang tebal untuk mengelakkannya bertembung dengan bahan leburan yang masuk. Jika udara yang berada didalam ruangan yang nipis tidak dapat dikeluarkan maka satu pertembungan pasti berlaku dan ini akan menghasilkan kesan terbakar (*Burn Mark*) pada produk.

Punca keadaan pembakaran ini timbul apabila suhu udara berubah secara tiba-tiba (suhu bahan leburan yang datang dengan suhu udara di dalam acuan semasa itu) dan melampau mengakibatkan satu udara yang cukup tinggi untuk menyalakan udara dan membakar plastik. Untuk reka bentuk acuan suntikan yang lebih baik, penggunaan *mold flow* boleh digunakan untuk memudahkan perletakkan tempat di mana aliran angin yang sesuai (Shen et al. 2008).

Bagaimana untuk mengenal pasti dan meramalkan dimanakan kawasan atau lokasi udara boleh terperangkap? Dengan menggunakan analisa *mold flow*, reka bentuk acuan dapat dioptimumkan serta proses pembuatan, ini dapat menjimatkan kos dari segi masa dan tenaga serta bahan ketika melakukan ujian acuan baru kelak. Ia juga dapat memberikan maklumat yang berguna untuk pereka acuan untuk mengoptimumkan reka bentuk acuan suntikan dalam menghasilkan bahagian acuan yang berkualiti serta mudah disuntik tanpa penyelarasan parameter yang rumit.

Satu teknik untuk mengalihkan poket udara (*Air pocket*) yang terperangkap didalam product *Micro Features* telah dilakukan. Ketika proses pengacuan suntikan, terdapat udara yang terperangkap didalam produk, udara terperangkap di kawasan tengah produk, masalah ini dikenali sebagai poket udara (*Air Pocket*). Penggunaan *Vacuum Venting* dilakukan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di dalam kaviti acuan serta seterusnya boleh menyelesaikan masalah poket udara ini (Sorgato et al. 2017).

Kesan saluran aliran angin juga terbukti berkesan apabila satu ujian terhadap kesan aliran udara terhadap *Foam Polyetelina* semasa proses pembuatan menggunakan proses penyuntikan acuan dilakukan (Özdemir et al. 2018). Saiz dan bentuk yang berlainan digunakan mengikut acuan dan menggunakan proses pengacuan suntikan, ketika kajian mendapati bahawa pergerakan aliran bahan leburan dilakukan mengikut saiz dan bentuk, ia juga mempengaruhi kadar pengisian bahan leburan ketika proses dijalankan. Terdapat satu saiz yang menyebabkan berlakunya gelembung udara (*Air Buble*) di dalam kajian yang dijalankan.

Satu simulasi dengan dua acuan yang sama bentuk tetapi satu mempunyai saluran aliran angin manakala satu lagi tiada saluran aliran angin (Mirandaa et al. 2019). Kajian bertindak dengan mengukur prestasi proses apabila kedua-dua disuntik dengan mesin penyuntikan acuan tetapi menggunakan kaedah analisa simulasi dengan menggunakan applikasi *Solidworks Plastic*. Berdasarkan hasil didapati, kitaran suntikan dapat dikurangkan sebanyak 35% apabila menggunakan saluran aliran angin digunakan di dalam acuan.

KAJIAN KES SEBENAR

Didalam memastikan keberkesanan saluran aliran angin di dalam keadaan yang sebenar, terdapat empat (4) ujikaji dijalankan dimana setiap ujikaji menggunakan acuan, mesin dan bahan yang berlainan serta punca kecacatan juga agak berlainan.

KES PERTAMA

JADUAL 1. Maklumat kes pertama

Nama Produk	Fan Blade 16''
Bahan digunakan	SAN Chi Mei Kibisan P127
Mesin	Kawaguchi KM 360.
Masa kitaran	60 saat
Masalah yang dihadapi	Kadar keseimbangan pada bilah yang tidak sekata, bilah akan bergoyang atau bergegar ketika dipasang pada kipas

Hampir setiap rumah di dalam Malaysia menggunakan kipas angin dimana penggunaan bilah (baling-baling) yang dipusingkan dengan kuasa elektrik untuk menyejukkan atau menyamakan keadaan didalam bilik seperti kipas siling, kipas dinding, kipas meja, kipas berdiri (*standing fan*) dan sebagainya (Yunus et al. 2015). Kebanyakan kipas menggunakan bilah yang diperbuat dari bahan plastik kecuali beberapa jenis kipas siling yang masih lagi menggunakan bilah logam tetapi sejak masa kebelakangan ini terdapat pihak pengeluar menggunakan bilah yang diperbuat dari bahan plastik. Untuk kipas meja atau dinding, pihak pengeluar menggunakan bahan plastik berjenis AS (*Styrene Acrylonitrile*) sebagai bahan utama seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 3. Penggunaan AS ini adalah disebabkan ciri-ciri ketulusan cahaya serta kekuatan bahan yang kuat. Terdapat juga pengeluar yang menggunakan bahan PP (Polipropelina) tetapi bilah yang dihasilkan agak lembik serta mudah pecah. Bahan ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) boleh digunakan tetapi bahan ini tidak tulus cahaya yang menyebabkan ia kurang digemari.



RAJAH 3. Bilah Kipas AS

AS adalah plastik kopolimer yang terdiri daripada styrene dan acrylonitrile. Ia juga dikenali juga sebagai SAN. Ia digunakan secara meluas kerana rintangan haba yang lebih besar. Kebiasaan dengan komposisi antara 70 dan 80% berat styrene dan 20 hingga 30% acrylonitril. Kandungan acrylonitrile yang lebih besar meningkatkan sifat mekanik dan rintangan kimia, tetapi juga menambah warna kuning pada permukaan.

Di dalam satu kilang pembuat dan pemasangan kipas meja di sekitar daerah Kuala Selangor, mereka mengeluarkan produk bilah plastik melalui proses mesin pengacuan suntikan. Semenjak lebih 15 tahun mereka berkecimpung didalam bidang ini, masalah utama ketika menghasilkan bilah ini adalah “blanching” ataupun dengan ertikata lain keseimbangan semasa putaran. Keupayaan bilah yang baik adalah apabila kadar keseimbangan semasa berputar adalah seimbang. Kesan ini boleh dilihat ketika bilah ini dipasang pada motor serta diputar. Gerakkan putaran yang seimbang akan membuat bilah berpusing dengan rata serta tiada gegaran. Masalah yang lebih kritikal adalah ketika bilah berputar pada keseluruhan motor dan bilah juga berpusing mengikut beberapa sudut untuk mengeluarkan angin, semasa putaran ini, kadang kala terdapat gegaran di beberapa sudut yang tertentu. Tentulah menjadi satu masalah untuk memeriksa bilah dengan menggunakan teknik memasang dan membuat percubaan dengan motor [Mirandaa et al. 2019]. Maka langkah pengawalan kualiti keseimbangan dijalankan dengan menggunakan satu mesin keseimbangan (*blanching*) yang dimport dari negara Taiwan, yang dikenali sebagai *Vector Scope*.

Apabila bilah plastik dipasang pada engkol mesin, ia kemudian akan berputar, putaran tersebut akan diambil kira oleh mesin pemeriksa dan mengeluarkan paten goyang atau paten tidak seimbang (*balance*) di skrin mesin seperti di Rajah 4. Sekiranya titik tengah diperolehi, maka kadar keseimbangan tersebut adalah tepat tetapi jika bacaan semakin jauh maka semakin jauh kadar keseimbangan yang terdapat pada bilah tersebut. Bacaan kawalan skala 1 adalah skala kawalan, dimana setiap bilah akan disukat. Mesin juga akan mengesan bilah mana yang tidak seimbangan serta mengeluarkan bacaan ketidak kesimbangan pada posisi tersebut.



RAJAH 4. Mesin Ujian Imbangan

Dengan merujuk kepada permasalahan seperti di dalam Jadual 1, di dalam penghasilan bilah kipas yang seimbang (*balance*), maka kepelbagaian teknik digunakan, termasuk kaedah seperti memusingkan acuan, membuat penyelarasan parameter serta menaikkan suhu acuan. Kaedah tersebut berjaya mendapatkan hasil yang dikehendaki tetapi ia tidak bertahan lama dan ini memaksa juruteknik membuat penyelarasan seterusnya. Proses yang tidak seimbang akan mengganggu corak pengeluaran dan menghasilkan banyak produk yang harus dibuang.



RAJAH 5. Kedudukan aliran angin disekeliling acuan

Kaedah menjadikan penyelarasan keseimbangan dapat dilakukan dengan mudah. Tetapi setelah acuan dijalankan selama melebihi 5 hari, acuan perlu diturunkan untuk proses penyelenggaraan dengan membuang segala kekotoran pada aliran angin pada permukaan acuan serta pada batang ejektor, perlu diingat bahawa terdapat gas juga yang menggunakan batang ejektor sebagai laluan mereka untuk keluar dari acuan. Hasil dari aktiviti ini, keadaan pengeluaran menjadi stabil serta kadar kecacatan bilah kipas dapat dikurangkan sehingga bawah paras 1% dari jumlah pengeluaran berbanding dengan kadar 20% sebelum proses penyelenggaraan dilakukan.

KES KEDUA

JADUAL 2. Maklumat kes kedua

Nama Produk	Suis - SCL110001AM (case).
Bahan digunakan	(POM) dan gred (M90-44-CD 3068).
Mesin	SUMITOMO 18 Ton DUZ
Masa kitaran	30 saat
Masalah yang dihadapi	Masalah produk tidak penuh (short shot) dijumpai pada kawasan sisipant no 30 dan 34.






Dengan merujuk Jadual 2 yang mengandungi permasalahan untuk kes kedua, penambahbaikan hanya dilakukan pada acuan sahaja. Parameter yang digunakan hanya mengikut parameter asal ketika melakukan ujian untuk mendapatkan kelulusan produk. Model ini menggunakan acuan 3 plate (3 plate mould) dan mesin 18 Ton. Acuan ini tidak sesuai untuk dijalankan pada mesin yang melebihi 18 tan dan material yang digunakan hanya lah dari jenis MPC011J00 (POM) dan gred (M90-44-CD 3068).

Sebelum pengubahsuaian dilakukan masalah produk tidak penuh (*Short Shot*) dijumpai pada kawasan sisipan (*insert*) no 30 dan 34. Masalah ini sering kali berlaku apabila mesin beroperasi tanpa henti, dalam jangkaan bilangan hampir 500,000 biji. Akibat daripada kecacatan ini pihak pengeluaran sering menerima notis kualiti daripada pihak pelanggan dan menyebabkan operasi terpaksa di berhentikan untuk membaik pulih acuan. Maka pihak pengurusan pengeluaran telah mencadangkan agar satu projek penambahbaikan perlu dilakukan terhadap acuan atau produk ini.

Setelah pengubahsuaian dilakukan pada sisipan no. 30 dan 34, mesin berjalan dengan lancar dan tiada masalah selama 370,000 biji produk tanpa henti. Tetapi selepas itu muncul masalah produk tidak penuh pada kawasan sisipan no. 32 dan apabila di analisa di kawasan sisipan tersebut didapati tiada ruang pengudaraan. Maka pengubahsuaian kedua telah dilakukan pada sisipan dengan menggunakan spesifikasi yang sama seperti sisipan no. 30 dan 34. Kesemua maklumat telah diletakkan di dalam Jadual 3 untuk memudahkan pemahaman kegiatan penambahbaikan.

Kadar kecacatan berkurangan dengan mengadakan penambahbaikan aliran angin di dalam acuan. Ini dapat menunjukkan bahawa perubahan atau penambahan saluran aliran angin dapat mempertingkatkan kualiti produk atau menghapuskan masalah kualiti yang dihadapi. Seperti yang terdapat pada Rajah 6, penurunan kadar kecacatan telah dapat dicapai apabila saluran aliran angin dibina pada sisipan yang dinyatakan.

JADUAL 3. Keputusan Ujikaji

No	Nombor Sisipan	Bilangan Aliran Angin	Kedalaman Aliran Angin	Bilangan shot	Kecacatan
1	Tiada	Tiada	Tiada	100 ~150K	
2	No 30 dan 34 	2	0.005 micron	160 ~ 170 K	
3	No 30 dan 34	2	Tambahan 0.01 micron	180 ~ 190K	
4	No 32 	1	Tambahan 0.01 micron	200 K	Tiada



RAJAH 6. Kadar kecacatan produk

KES KETIGA

Dalam kes yang boleh dirujuk di dalam Jadual 4, terdapat satu ruang yang digunakan untuk membuat "Slot" pemasangan di antara lampu bahagian hadapan dengan bahagian badan serta ia digunakan sebagai pemegang semasa pemasangan lampu di badan kereta. Slot atau pemegang ini telah memaksa satu ruang slot dibina di dalam bahagian kaviti acuan. Slot ini terpendcil dan mempunyai ruangan yang teramat kecil. Ketika acuan ditutup, terdapat sebahagian angin atau udara di dalam ruang yang terkumpul di dalam slot ini dan semasa bahan leburan memasuki acuan pula, udara ini terperangkap dan mencampuri bahan leburan, ia yang menjadikan bahan leburan mengeluarkan gas dan akhirnya terbentuknya kesan garisan perak.

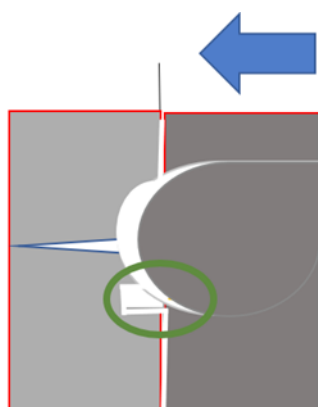
JADUAL 4. Maklumat kes ketiga

Nama Produk	NTY305-51-R Head Lamp Len
Bahan digunakan	Polycarbonate – Teijin Polycarbonate China Ltd. Grade L-12252 Color 100
Mesin	Jon Wai 650 ton
Masa kitaran	100 saat
Masalah yang dihadapi	Kesan garisan perak (<i>Silver Streaks</i>) pada permukaan produk berhampiran dengan hook produk. Kesan ini boleh menyebabkan pencambahan cahaya yang tidak sekata ketika lampu dihidupkan.



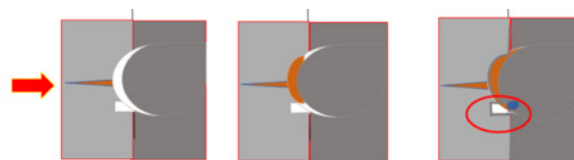
RAJAH 7. Lampu hadapan yang bermasalah

Pergerakan bahan leburan adalah seperti yang dinyatakan di dalam Rajah 8 dan 9 serta penerangan dibawah:-



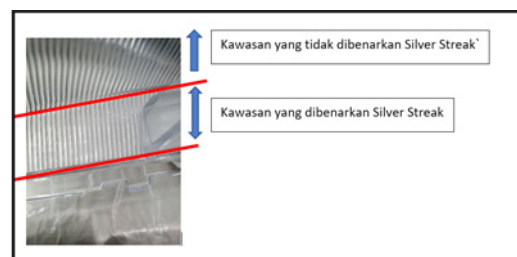
RAJAH 8. Slot yang membuat udara terperangkap

Semasa bahan leburan memasuki ruang pembentukan acuan, bahan ini akan memasuki slot tersebut dan mengakibatkan bahan leburan bercampur dengan udara tadi. Udara yang terdiri daripada sebahagian dari air akan menyebabkan pengeluaran gas atau dengan perkataan mudah, kesan garisan perak akan terbentuk.

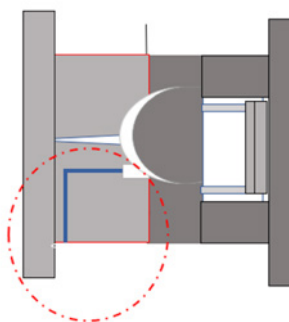


RAJAH 9. Keadaan bahan leburan memasuki acuan dan bercampur dengan udara yang terperangkap

Untuk mengatasi masalah kesan garisan perak ini, beberapa kaedah yang melibatkan penyelarasan parameter dan kaedah membuat saluran aliran angin dipermukaan acuan telah dilakukan tetapi hasil hanyalah boleh bertahan di dalam masa beberapa jam sahaja, Ia juga hanya menyelaraskan kedudukan kesan garisan perak agar berada didalam kedudukan yang dibenarkan sahaja seperti yang dinyatakan di Rajah 10. Kawasan yang dibenarkan adalah kawasan dimana tiada percambahan cahaya ke hadapan yang berlaku. Atau dengan erti kata yang lain kesan garisan perak tersebut masih kekal di dalam produk yang dihasilkan.



RAJAH 10. Kedudukan kesan garis perak (*silver streak*) di kawasan kawalan



RAJAH 11. Kedudukan lubang aliran angin yang dibina.

Pembentukan atau pembinaan satu saluran aliran angin telah dilakukan melalui bahagian dalaman bahagian Kaviti acuan dimana lubang sebesar 0.5mm dibina dengan pengecilan didalam 5 micron dibahagian hujung yang bersambung dengan slot part seperti di dalam Rajah 11. Ini dilakukan untuk mengelakkan bahan leburan melepasi slot dan menimbulkan lebihan (*Flashing*). Pembinaan ini memerlukan kejituan kemahiran pemesinan yang tinggi disebabkan saiz lubang serta kedudukan lubang yang melalui beberapa lubang saluran penyejukan.

Setelah lubang aliran angin dibina, pihak pengeluaran tidak lagi mengalami kesukaran untuk menjalankan proses pengeluaran produk ini. Ini dapat membuktikan bahawa

kesan udara yang tinggal boleh mempengaruhi tahap kualiti sesuatu produk plastik dengan berkesan dan efektif

KES KEEMPAT

Projek ini hanya tertumpu pada model Roller Holder iaitu 2JC-00238AA. Model ini hanya diuji pada mesin NESSEI 110 Ton. Penambahbaikan hanya dilakukan pada acuan sahaja. Maklumat adalah seperti di dalam Jadual 5.

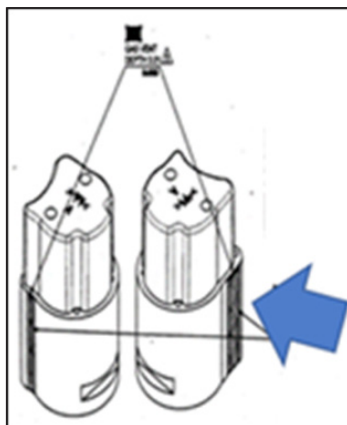
Produk tidak penuh (*Short Mould*) adalah masalah dimana suatu ketika bila proses penyuntikan acuan dijalankan serta bahan leburan yang disuntik ke dalam kaviti tidak mencapai kapasiti yang ideal atau tidak sesuai sehingga bahan leburan plastik yang disuntik tidak memenuhi rongga di dalam kaviti terlebih dahulu sebelum ia membeku [Ganeshkar et al. B.2014]. Ini akan mengakibatkan kecacatan ketidakpenuhan produk atau dipanggil produk tidak penuh (*Short Mould*). Terdapat pelbagai punca *short mould* tetapi kita boleh mengambil langkah membuat percubaaan: *Try and Error*” untuk mencari punca masalah ini.

JADUAL 5. Maklumat kes keempat

Nama Produk	Roller Holder 2JC-00238AA
Bahan digunakan	POM
Mesin	NESSEI 110 Ton
Masa kitaran	20 saat
Masalah yang dihadapi	Proses penyuntikan acuan dijalankan serta bahan leburan yang disuntik ke dalam kaviti tidak mencapai kapasiti yang ideal atau tidak sesuai sehingga bahan leburan plastik yang disuntik tidak memenuhi rongga di dalam kaviti



RAJAH 12. Contoh kecacatan produk



RAJAH 13. Kedudukan aliran angin yang baru

Pada mulanya, pengubahsuaian sisipan seperti di dalam Rajah 13 telah dibuat pada satu sisi dengan kedalaman aliran angin sebanyak 0.005mm dan lebar saluran tersebut adalah sebanyak 0.2mm. Setelah pengubahsuaian dilakukan, mesin berjalan dengan lancar dan tiada masalah selama 7,000 biji tanpa henti. Tetapi selepas itu, masalah produk tidak penuh muncul kembali pada kawasan yang sama. Oleh itu, pengubahsuaian yang kedua dilakukan pada tempat yang sama tetapi hanya menambahkan kedalaman aliran angin sebanyak 5 micron. Dengan ini, kedalaman aliran angin yang baru adalah sebanyak 0.01mm dan aliran angin dikekalkan sama seperti sebelumnya. Apabila proses pengeluaran dijalankan, tiada lagi produk yang tidak lengkap dihasilkan.

KEPUTUSAN

JADUAL 6. Carta kajian yang diselidik

No	Rujukan	Produk (masalah)	Selepas diletakkan aliran angin
1	Khichadi. 2013	Battery vent plug (gelombang udara (air trap))	Tiada gelombang udara
2	Panda et al. 2018	Rekabentuk acuan	Penjimatan masa pembangunan acuan
3	Sorgato et al. 2017	Poket udara (<i>air pocket</i>) didalam produk	Tiada kesan poket udara
4	Özdemir et al. 2018	Kesan aliran angin di Foam Polietelina -gelombang udara-	Tiada gelombang udara
5	Shen et al. 2008	Mold flow Kesan terbakar (<i>burn mark</i>)	Tiada kesan terbakar
6	Kipas	Bilah: Putaraan tidak seimbang (<i>balancing</i>)	Putaran bilah seimbang
7	SCL110001AM (case)	Produk tidak penuh (<i>shot short</i>)	Produk lengkap dan diterima
8	Lampu hadapan	Kesan garisan perak (<i>silver streak</i>)	Tiada kesan garisan perak
9	Roller Holder 2JC-00238AA	Produk roller tidak penuh	Produk lengkap dan diterima

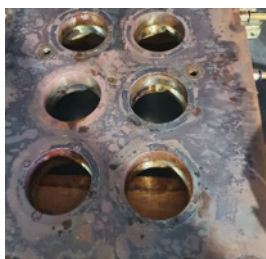
Hasil daripada pengubahsuaian yang dilakukan seperti di dalam Jadual 6 diatas, kita dapati objektif setiap kajian dapat dicapai dengan jaya nya. Selepas pengubahsuaian untuk setiap kes yang dibentangkan, banyak kebaikan yang di perolehi dari segi masa dan jumlah kecacatan yang dihasilkan. Tetapi proses ini akan dapat dikekalkan jika pembersihan acuan dilakukan untuk mengelakan saluran aliran angin (*air vent*) dari tertutup. Dari segi kos operasi pula kadar penurunan jumlah produk yang cacat berkurangan dengan ketara sekali.

KESIMPULAN

Akhir kata, setiap acuan perlu mempunyai saluran aliran angin yang mencukupi didalam usaha mengimbangi kadar kemasukan bahan leburan berbanding dengan kadar pengeluaran udara yang terperangkap di dalam acuan. Kertas ilmiah yang berkaitan dengan kes air aliran angin ini telah dianalisa dan dibentangkan serta dari secara praktikal pula, beberapa kes yang berlainan bahan mentah (*material*) telah dibuktikan. Mesin pengacuan suntikan serta reka bentuk produk telah dianalisa dan dipastikan akan kesan akibat kekurangan aliran angin ini. Keputusan ini menunjukkan bahawa saluran aliran angin memainkan peranan penting didalam proses penyuntikan acuan di dalam usaha untuk mendapatkan produk yang berkualiti dan sentiasa berjalan tanpa berhenti sehingga ke satu tahap yang ditentukan.

Kajian ini dapat mengurangkan penggunaan bahan plastik daripada terbuang akibat kecacatan yang berlaku semasa proses pengacuan suntikan. Masalah ini boleh menyebabkan pembaziran dari segi wang ringgit akibat daripada masalah kecacatan produk yang berlaku. Disini juga kita dapati bukan satu atau dua punca kecacatan dapat diselesaikan dengan penggunaan aliran angin tetapi pelbagai masalah yang boleh diatasi. Perlu diingat penambahan aliran angin adalah satu proses sekali disesuatu produk atau acuan tetapi jika kita menggunakan teknik penyelarasan parameter kita terpaksa melakukannya berulang kali.

Akhir sekali penyelenggaraan acuan untuk pembersihan laluan aliran angin perlu dilakukan mengikut tempoh, jika ia gagal dilaksanakan, maka saluran angin tidak berfungsi dan hasilnya masalah yang sama akan berulang kembali. Mengambil contoh acuan yang tidak dicuci seperti di Rajah 14, maka bagaimanakah aliran angin boleh dapat berfungsi dengan betul.



RAJAH 14. Contoh permukaan acuan yang tidak diselenggarakan

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih Universiti Kebangsaan Malaysia di atas penyelidikan ini.

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada

RUJUKAN

BASF Plastics. 2009. Injection-molding problems in engineering thermoplastics causes and solutions. www.plasticsportal.com (World).1-70

- Bendada, A., Derdouri, A., Lamontagne, M., and Simard, Y. 2004. Analysis of thermal contact resistance between polymer and mold in injection molding. *Appl. Therm. Eng.* 24(14-15): 2029-2040.
- Ganeshkar, J. D. & Patil, R. B. 2014. Design of 'plastic injection mold' for an 'air vent bezel' through flow analysis (CAE) for design enhancement. *International Journal of Research in Engineering and Technology* 3(12): 236-241.
- Griffiths, S. S., Dimov, S., Scholz, & Tosello. G. 2011. Cavity Air Flow Behavior During Filling in Microinjection Molding. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 133 (011006): 1-10.
- Kaetkaew, J. & Chatakorn, S. 2018. Effect of process parameter and gate size on gate freeze time in injection molding by using simulation software. *Third International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT)*: 6131-6134.
- Khichadi, R. S. 2013. Injection mould design and optimization of battery air vent. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET)* 3(2): 88-93.
- Koresawa, H., Tanak, K. & Narahara, H. 2015. Low-energy Injection Moulding roses by a mould with permeability fabricated by additive manufacturing. *Int. Journal of Automation Technology* 10(1): 101-105.
- Mirandaa, D. A. & Nogueira, A. L. 2019. Simulation of an injection process using a CAE Tool: Assessment of operational conditions and mold design on the process efficiency. *Materials Research* 22(2): 1-16.
- Özdemir, B. & Pahlavani, H. 2018. Effects of air vents on the flow of reacting polyurethane foam in a refrigerator cavity. *Advance Polymer Technology* 37: 2420-2428.
- Panda, S. B. & Naya, N. C. 2018. Characterization & optimization on air vent location in injection mold design by using mold flow analysis. *National Conference on Recent Trends in Science, Technology & Management (NCRSTSM)* 1: 8-10.
- Sanghani, C. R. 2016. Modification of oscillating mechanism of table fan for throwing air 3600. *Journal of Mechatronics and Automation* 3(1): 10-13.
- Shen, Y. K., Chang, C. Y., Shen, Y. S., Hsu, S. C., & Wu, M. W. 2008. Analysis for microstructure of microlens arrays on micro-injection moulding by numerical simulation. *Int. Communication Heat Mass Transfer* 35(6): 723-727.
- Sorgato, M., Babenko, M., Lucchetta, G. & Whiteside, B. 2017. Investigation of the influence of vacuum venting on mould surface temperature in micro injection moulding. *Int J Adv Manuf Technol.* 88: 547-555.
- Tamri, N., Zulkifli, R. & Azhari, C. H. 2020. Pemilihan parameter utama pengacuan suntikan dalam pemrosesan polimer: Ulasan ilmiah. *Jurnal Kejuruteraan* 32(1): 79-90.
- Yunus, M., Alsoufi M. S. & Mustafa, M. S. 2015. Optimizing the die design parameters of a two cavity injection moulding tool for a fan blade back cover using mold flow analysis. *International Journal in IT and Engineering* 3(6): 92-103.
- Weng, F.T., Lin, T. & Lu, Y. Y. 2018. Parameter analysis of lift component in injection molding. *IEEE International Conference on Applied System Innovation*: 754-757.