

STUDI PENGARUH ALUMINIZING TERHADAP PEMBENTUKAN DIE SOLDERING

Andaru, Dody prayitno, Eni Pujiasturi

Teknik Mesin Universitas Trisakti

dodytrisakti@gmail.com

Abstract

A mould in die casting industri has a problem like a die soldering. The die soldering due to a molten aluminium stick on a mould surface and hold on although a casting produk has been rejected. Removing the die soldering need cost and time. So the mouldshoul be protected from the die soldering. In this research, an aluminizing process is used as an alternatif method to protect the mould from die soldering defect. The hot dip aluminizing process increases the corrosion resistance of steel. The aim of reseach is to answer the question "Do the hot dip aluminizing process (Al-53%Cu) protect a mould steel from the die soldering?". Researchmethodologi. First, the steel samples as assumed as a steel mould are immersed into molten of Al-53%Cu (750 oC) for 3 minutes. Secondly a molten aluminium (700 oC) is poured onto the aluminized steel mouldsamples .it is called as a die casting simulation. The results. The hot dip aluminizing (Al-53%Cu) process at 700 oC can not protect the steel mould surface from the die soldering.

Pendahuluan

Latar belakang

Pada industri *die casting* sering terjadi kerusakan cetakan (*die*) berupa *die soldering*. *Die soldering* merupakan melekatnya aluminium pada permukaan cetakan dan tetap bertahan walaupun produk telah dikeluarkan (*eject*). *Die soldering* menyebabkan perlunya perbaikan atau penggantian cetakan yang memerlukan waktu dan biaya yang pada akhirnya akan berdampak pada penurunan produktifitas.

Die soldering merupakan fenomena difusi atom atom aluminium kedalam besi sehingga terbentuk lapisan intermetalik. Ketebalan dari lapisan intermetalik akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu logam cair sehingga mudah terjadi *die soldering*. (Bambang, 2007).

Perendaman sepotong baja (*hot dip*) di dalam cairan Al-Cu mampu meningkatkan ketahanan korosi baja tersebut. (Dody, 2015). Hasil penelitian ini memungkinkan untuk digunakan sebagai pencegah terjadinya erosi batas butir pada permukaan cetakan *die casting*, sehingga cetakan terhindar dari *die soldering*.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan apa pengaruh proses aluminizing (*hot dip*) didalam al-53%Cu terhadap pembentukan *die soldering* pada permukaan baja?

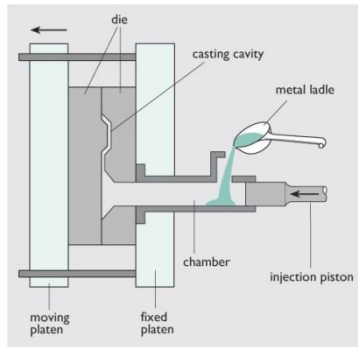
Ruang Lingkup

Material utama	: baja S45C
Logam cair	: 47% aluminium-53% tembaga
Aluminizing	: 750 °C dengan waktu tahan 3 menit
Simulasi di casting	: Aluminium murni (700 °C)

Tinjauan Pustaka

Die Casting

Die casting adalah sebuah proses pengecoran logam dengan ciri cairan logam (*molten metal*) dimasukkan ke dalam rongga cetakan (*cavity casting*) dengan menggunakan tekanan (*force*) dari *injection piston* seperti Gambar 1. Cetakan (*die*) terbuat dari baja dan rongga cetakannya diperoleh melalui proses pemesinan. Kebanyakan produk *die casting* adalah logam non ferrous seperti aluminium, zinc, magnesium (Wikipedia.org)



Gambar 1. Ilustrasi proses pada *die casting* (hanneloreriegel)

Apa Itu *Die Soldering* ?

Pada permukaan baja yang telah direndam didalam cairan aluminium pada proses *hot dip aluminizing*, akan terlihat adanya aluminium yang melekat pada permukaan baja (Gambar 2).



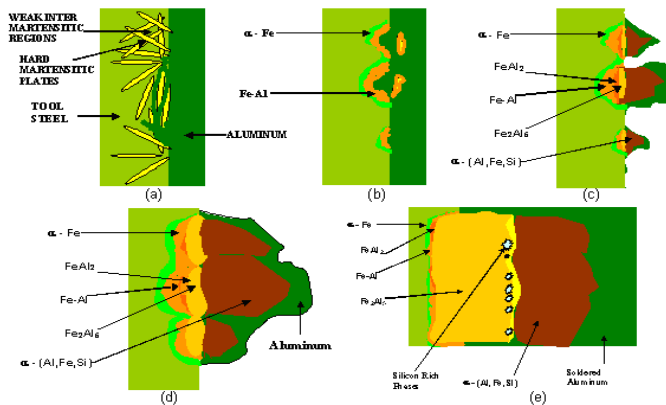
Gambar 2. Bercak putih merupakan lempengan kecil aluminium yang melekat setelah sampel di *hot dip aluminizing* (Ammar, 2014).

Die soldering adalah melekatnya logam aluminium pada permukaan cetakan baja (*die*) yang terjadi pada proses *die casting*. Beberapa peneliti menjelaskan bahwa *Die soldering* didefinisikan sebagai fenomena adhesi dari logam ke permukaan cetakan dimana atom aluminium berdifusi kepermukaan cetakan baja. *Die soldering* menyebabkan peningkatan keausan adhesif permukaan cetakan (Bambang, 2007).

Mekanisme Die Soldering

Mekanisme reaksi antara cairan aluminium dengan ferro sudah mapan (*established*). Mekanisme tersebut memiliki lima tahapan seperti diilustrasikan pada Gambar 3 (Sumanth Shankar, Apelian Diran, 2002) yaitu :

1. Batas butir yang berada dipermukaan cetakan mengalami erosi
2. Terjadi erosi sumuran (*pitting*) pada permukaan cetakan
3. Pembentukan compoun iron-aluminium dan pembentukan intermetalik dengan struktur berbentuk piramid
4. Penambahan aluminium pada struktur piramid fasa intermetalik.
5. Penggabungan dan Pelurusan erosi sumuran dan fasa intermetalik



Gambar 3. Ilustrasi mekanisme *die soldering*. (a) penyerangan awal pada batas butir oleh aluminium dengan cara “menghilangkan butir keras dan plat martensit sehingga menyebabkan sumuran pada permukaan cetakan (*die*) (b) Pembentukan fase/phase intermetalik iron-aluminium di dalam sumuran dan sekilas butir yang patah pada daerah dekat permukaan cetakan. (c) pertumbuhan “piramid” dari fase ternari (Al, Fe, Si) pada sumuran diatas the $-Fe_2Al_5$. ditambahkan, sumuran meluas dengan melebar dan bertambah dalam. Aluminium mulai melekat setelah struktur lapisan terbentuk dan ini merupakan awal dari soldering. (d) gambar ini memperlihatkan pertumbuhan lapisan intermetalik dan bergabungnya beberapa sumuran yang berdekatan. Cairan aluminium berjumpa dengan permukaan cetakan melalui crack (retak) dan celah (gap) yang ada diantara dua sumuran. (e) pelurusan dari sumuran dan celah yang berdekatan diantara sumuran yang bertetangga. Perbandingan ketebalan lapisan intermetalik dengan soldered aluminium (aluminium yang melekat) adalah $\sim 1 : 5$. Reaksi mekanisme menjadi sangat lambat. Silikon mengendap didalam batas butir fase $-Fe_2Al_5$ dan celah antara dua lapisan fase intermetalik.

Pencegahan Die Soldering yang telah ada

Faktor berikut ini mempengaruhi mencegah adanya *die soldering* (Bambang, 2007).

- a) suhu logam cair dan suhu cetakan. Tingginya suhu cetakan yang tinggi merupakan kondisi favorit bagi pertumbuhan phase intermetalik, sebab suhu tinggi meningkatkan teradinya difusi Fe-Al. Suhu cetakan yang tinggi juga menghancurkan lapisan film pelumas sehingga mengurangi kemampuan melindungi dari soldering (pelekatan). Singkatnya suhu cairan dan suhu permukaan cetakan yang tinggi akan memfasilitasi terbentuknya soldering
- b) Komposisi kimia logam cair dan lapisan intermetalik. Aluminium memiliki kecenderungan untuk membentuk melekat (*soldering*) seperti Fe_2Al_5 (*prevalent*), Fe_3Al and $FeAl_3$ phases. Kehadiran unsur paduan lain seperti Si Cu Mg menghasilkan sejumlah intermetalik yang lebih kompleks (Kajoch,1991)

Beberapa catatan penelitian terdahulu untuk mengatasi die soldering (Shankar, Diran Applein, 2002)

1. Kandungan besi (Fe) didalam cairan aluminium berada pada 0,9~1,15 % berat. Kadar besi yang melebihi batas jenuh besi didalam cairan aluminium (pada saat suhu tuang (*pouring*) tercapai) akan menghasilkan pembentukan sludge (terak). Sludge akan membantu terbentuknya lapisan intermetalik pada permukaan die (*die surface*). Akhir akan memfasilitasi terbentuknya *die soldering*.
2. Bila kandungan besi yang rendah (sekitar 0,4 %) maka kandungan mangan harus mencapai 0,8 % namun juga harus meminimal kandungan nikel dan krom didalam cairan aluminium. Nikel akan mengurangi efektifitas mangan didalam cairan logam, sementara Krom merupakan faktor peningkatan terjadinya sludge. Pengurangan kandungan silikon pada cairan aluminium dengan kadar besi yang rendah sampai dengan 7% akan meningkatkan aktifitas kimia mangan dan besi di dalam cairan sehingga akan mengurangi terjadinya die soldering.
3. Penambahan titanium hingga mencapai 0,125 % sangat disarankan untuk menghilangkan *die soldering*. Penambahan titanium lebih dari 0,125% tidak memberikan kontribusi bagi pengurangan *die soldering* tetapi malah memberikan efek penghalusan butir pada cetakan.

4. Penambahan nikel ke dalam cairan aluminium dapat mengurangi *die soldering*
- c) Pelumas dan pelapis cetakan. Fungsi utama dari pelumas atau pelapi cetakan adalah untuk menciptakan partisi atau pemisah antara cairan logam dengan cetakan. Pelumas juga membantu aliran cairan logam dan mempermudah pelepasan produk tuangan.
- d) Disain cetakan dan parameter operasi mesin . Peristiwa *die soldering* umumnya lebih sering terjadi di sekitar saluran (*gate*) yang disebabkan tingginya temperatur dan kecepatan Al cair masuk ke cetakan. Penampang cetakan yang tebal sangat berpotensi sebagai tempat terbentuknya *die soldering*. Diperlukan saluran bagi jalan keluarnya cairan logam yang berlebihan (E. K. Holz 1972).

Baja S45C?

Baja ini memiliki kandungan karbon yang tinggi. Komposisi kimia sebagai berikut 0,42 - 0,50 % Carbon; 0,17-0,37 % Silikon; 0,50-0,80 % Mangan, maks 0,035 % Fosfor; maks 0,035% Sulfur; maks 0,25 % Cromium; maks 0,25 % Nikel dan 0,25 % Tembaga. Kekuatan mekanik baja S45C sebagai berikut: modulus young 190-210 Gpa. Tensile strength 569 Mpa. Yield strength 343 (Mpa). Brinell hardness 160-220 HB.

Proses Aluminizing

Proses melekatnya aluminium pada logam baja juga terjadi pada proses aluminising seperti terlihat pada Gambar 2 (Ammar, 2014). Walaupun Aluminium memiliki suhu lebur 660 °C, dan ferrous adalah 1539 °C, namun demikian berdasarkan diagram fasa Fe-Al terlihat bahwa ferrous dapat dipadukan dengan aluminium menjadi intermetalik Fe-Al melalui proses aluminising (Dody, 2006; Dody 2007). Proses aluminizing yang mudah secara praktek adalah *hot dip*. Proses diawali dengan pembersihan permukaan sampel baja dari kotoran yang dilanjutkan dengan perendaman didalam cairan aluminium untuk beberapa lama. Kemudian sampel ditarik keluar dari cairan aluminium dan akhirnya didinginkan di udara terbuka.

Terendamnya sampel didalam cairan aluminium, memberikan kesempatan bagi aluminium untuk berdifusi kedalam sampel baja. Difusi ini menghasilkan senyawa logam Fe_nAl_m yang dikenal sebagai lapisan intermetalik. Difusi

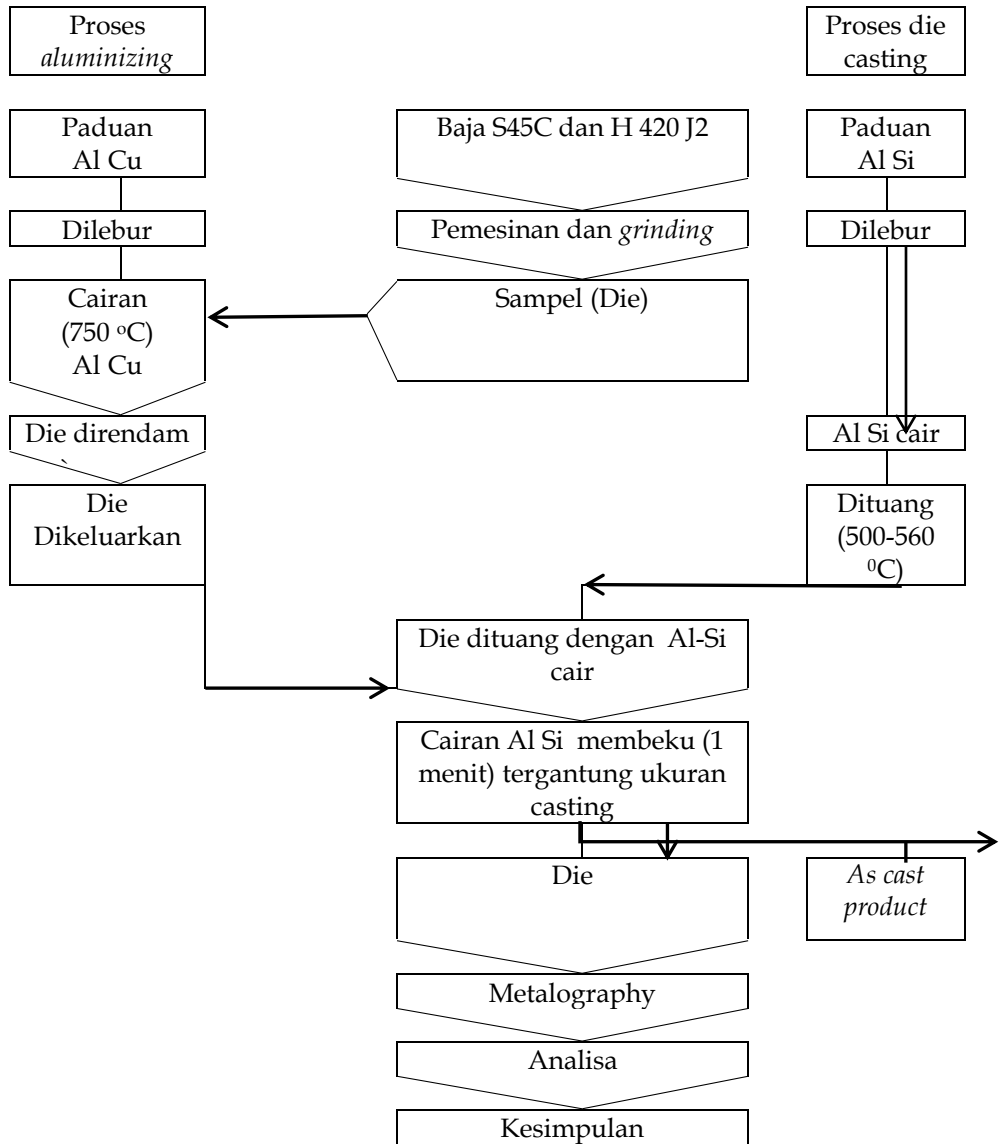
berlangsung sangat cepat sehingga menghasilkan lapisan dengan ketebalan 0,02 hingga 0,10 mm yang terbentuk dalam waktu 1 sampai 15 menit. *Hot dip (hot deeping)* prosesnya lebih cepat dibandingkan proses aluminising lainnya. Selain dari itu hot deeping juga memungkinkan pelapisan terjadi pada seluruh permukaan sampel (Dody, 2009).

Metode Penelitian

Diagram alir penelitian diperlihatkan pada Gambar 5. Sampel baja yang telah diampelas (grade 250) dimasukkan kedalam cairan paduan 47% Al -53% Cu (750 °C) dan direndam 3 menit. Sampel baja lalu dikeluarkan dan didinginkan. Aluminium yang melekat pada sampel baja akibat proses aluminizing dikelupas. Sampel baja dengan bantuan pasir disusun seperti Gambar 4 dan diasumsikan sebagai cetakan (*die*). Aluminium cair (700 °C) kemudian dituang atas die dan dibiarkan membeku dan mencapai suhu kamar. Sampel akhirnya diuji metalographi.



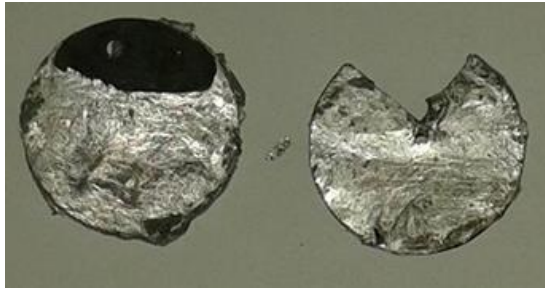
Gambar 5. Persiapan cetakan untuk simulasi die casting



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Hasil Yang Dicapai

Pengamatan Setelah Proses Aluminizing



Gambar 6. Baja S45 C(750 °C, Waktu rendam 3 menit)

Pada baja S45 C yang mengalami proses aluminizing suhu 750 °C, dengan waktu rendam 3 menit (Gambar 6) terdapat aluminium yang melekat pada seluruh permukaan sampel. Aluminium yang melekat pada baja setelah aluminizing mudah untuk dilepas.

Mekanisme pelekatan aluminium setelah proses aluminizing memiliki 6 tahapan dan telah dijelaskan pada sub studi pustaka .

Pengukuran Ketebalan Sampel

Pengukuran ketebalan sampel sebelum aluminizing, setelah aluminizing dimaksudkan untuk mengetahui apakah ada penambahan ketebalan pada sampel setelah mengalami proses aluminizing. Pengukuran dilakukan pada 16 lokasi dari hasil pengukuran diketahui bahwa aluminizing menambah ketebalan sampel rata-rata sebesar 0,00370 mm, seperti diperlihatkan Tabel 1.

Tabel 1. Data Ketebalan Sampel S45C

Sampel	Lokasi pengukuran	Tebal awal (mm)	Tebal setelah aluminizing	Selisih tebal mm ($\times 10^{-3}$)
S45C	1a	3.007	3.027	20
	3a	3.016	3.034	18
	4a	3.017	3.505	488
	5a	4.036	4.524	488
	6a	4.037	4.048	11
	7a	4.000	4.001	1
	8a	3.523	4.016	493
	1b	4.016	4.022	6
	2b	3.526	4.028	502
	3b	3.043	4.026	983
	4b	3.038	4.040	1.002
	5b	3.507	3.516	9
	6b	4.006	4.048	42
	7b	3.044	4.016	972
	8b	3.516	4.021	515

Pengamatan Proses Simulasi Die Casting

Simulasi die casting ini bertujuan untuk mengetahui efek aluminizing dengan al-cu terhadap pembentukan die soldering pada proses die casting. Dikatakan simulasi karena pada proses simulasi die casting sampel baja yang telah mengalami aluminizing diletakkan didalam cetakan pasir terbuka seperti Gambar 4. Aluminium cair kemudian dituang kedalam cetakan. Suhu aluminium cair 700 oC. Penuangan pertama dilakukan keatas sampel 1 diikuti sampel 2 dan seterusnya sampai sampel 6. Suhu aluminium cair akan mengalami penurunan sejak awal penuangan hingga akhir penuangan, namun demikian penurunan suhu tersebut dapat dikatakan tidak signifikan karena pada penuangan terakhir suhu aluminium cair masih diatas suhu leburnya (660 oC).

Hasil simulasi *die casting* tersebut diatas diperlihatkan pada Gambar 7. Gambar 7 memperlihatkan bahwa secara makro pada seluruh permukaan sample baja 420H J2 tidak mengalami die soldering



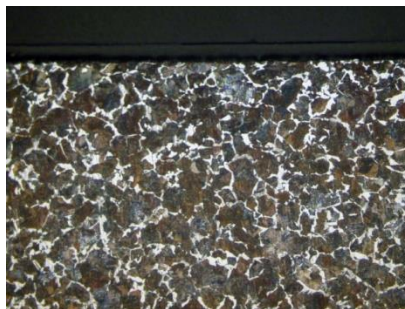
(a)

(b)

Gambar 7. Hasil simulasi die casting sesaat setelah penuangan aluminium cair
(a). Pelepasan aluminium yang melekat pada sampel baja yang telah dialuminizing (b).

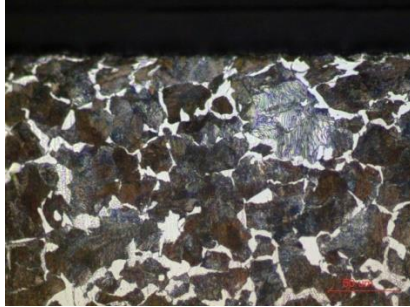
Mikrostruktur

Uji mikro struktur digunakan untuk mengetahui struktur mikro sampel baja S45C, struktur mikro sampel (awal) terlihat pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Struktur mikro sampel baja S45C awal dengan pembesaran 200x

Terlihat dari Gambar 8 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat lapisan intermetalik dengan struktur mikro ferrit dan pearlit.



Gambar 9. Struktur mikro sampel baja S45C awal dengan pembesaran 500x

Terlihat dari Gambar 9 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat lapisan inter metalik dengan struktur mikro ferrit dan pearlit.

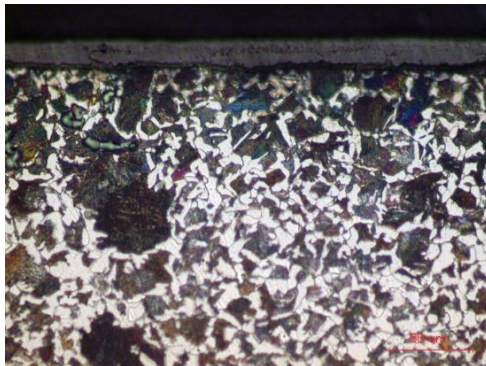


Gambar 10. Struktur mikro sampel baja S45C awal dengan pembesaran 1000x
Terlihat dari Gambar 10 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat lapisan inter metalik dengan struktur mikro ferrit dan pearlit.



Gambar 11. Struktur mikro sampel baja S45C setelah *aluminizing* dengan pembesaran 200x

Terlihat dari Gambar 11 lapisan intermetalik Al-Cu sudah mulai terbentuk akibat dari *aluminizing* dengan struktur mikro ferrit dan pearlit. Akibat dari pendinginan menggunakan udara struktur mikro pearlit menjadi lebih banyak sehingga meningkatkan nilai kekerasan sampel baja S45C



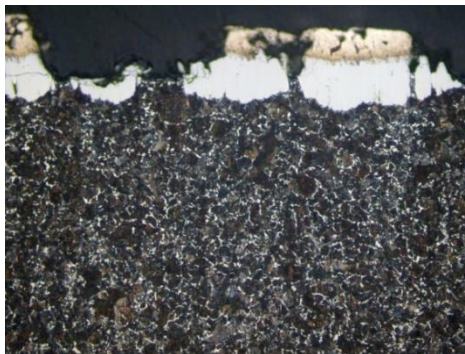
Gambar 12. Struktur mikro sampel baja S45C setelah di *aluminizing* dengan pembesaran 500x

Terlihat dari Gambar 12 lapisan intermetalik Al-Cu sudah mulai terbentuk akibat dari *aluminizing* dengan struktur mikro ferrit dan pearlit. Akibat dari pendinginan menggunakan udara struktur mikro pearlit menjadi lebih banyak sehingga meningkatkan nilai kekerasan sampel baja S45C



Gambar 13. Struktur mikro sampel baja S45C setelah *aluminizing* dengan pembesaran 1000x

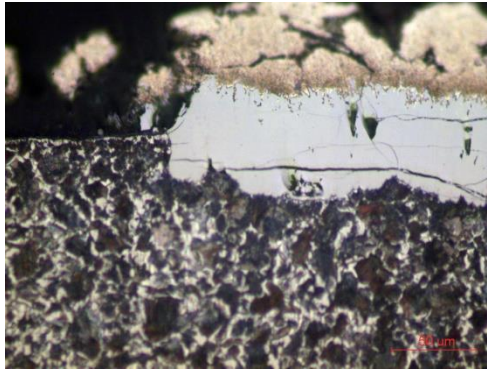
Terlihat dari Gambar 13 lapisan intermetalik Al-Cu sudah mulai terbentuk akibat dari *aluminizing* dengan struktur mikroferrit dan pearlit. Akibat dari pendinginan menggunakan udara struktur mikro pearlit menjadi lebih banyak sehingga meningkatkan nilai kekerasan sampel baja S45C.



Gambar 14. Struktur mikro sampel baja S45C setelah simulasi *die casting* dengan pembesaran 200x

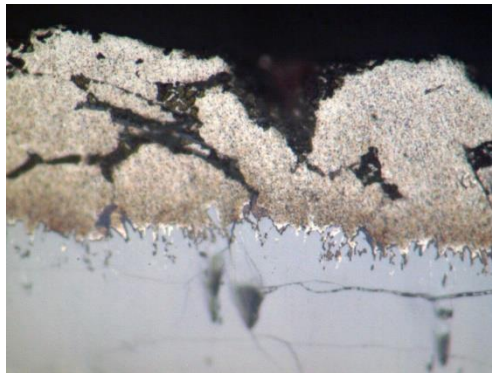
Terlihat dari Gambar 14 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat die soldering pada bagian permukaan sampel baja S45C, dan juga

lapisan intermetalik Al-55%Cu terlepas dari permukaan sampel baja akibat dari penuangan aluminium cair pada permukaan sampel.



Gambar 15. Struktur mikro sampel baja S45C setelah simulasi *die casting* dengan pembesaran 500x

Terlihat dari Gambar 15 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat die soldering pada bagian permukaan sampel baja S45C, dan juga lapisan intermetalik Al-55% Cu terlepas dari permukaan sampel baja akibat dari penuangan aluminium cair pada permukaan sampel.



Gambar 16. Struktur mikro sampel baja S45C setelah simulasi *die casting* dengan pembesaran 1000x

Terlihat dari Gambar 16 sampel baja S45C pada bagian permukaan tidak terlihat die soldering pada bagian permukaan sampel baja S45C, dan juga

lapisan inter metalik Al-55%Cu terlepas dari permukaan sampel baja akibat dari penuangan aluminium cair pada permukaan sampel.

Kesimpulan

1. Aluminizing menyebabkan terjadinya penambahan ketebalan permukaan baja sampel.
2. Aluminizing menyebabkan kekerasan permukaan baja meningkat.
3. Proses "simulasi" die casting menyebabkan kekerasan baja yang telah dialuminizing menurun.
4. Proses aluminizing tidak dapat mencegah terjadinya die soldering.

Daftar Pustaka

- Bambang Suharno, Rima Dimiyati, Bustanul Arifin, dan Sri Harjantom" *Morfologi dan Karakteristik Lapisan Intermetalik Akibat Die Soldering pada Permukaan Baja Cetakan (Dies) dalam Proses Pengcoran Tekan Paduan Aluminium Silikon "*, JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 9, No. 2, Oktober 2007: 47 - 53, issn 1410-9867
- Dody Prayitno , David, seminar nasional cendekiawan. 2015
- Ammar Abyan Abdunnaafi, "*Studi Metode Aluminising Untuk Meningkatkan Ketangguhan Baja*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trisakti, 2014
- Sumanth Shankar, Apelian Diran, "*Mechanism of the Interface Reaction between Molten Aluminum Alloy and Tool Steel*", Metallurgical & Materials Transactions, 2002
- W. Kajoch and A. Fajkiel, "*Testing the Soldering Tendencies of Aluminum Die Casting Alloys*", NADCA Transactions, 1991, pp67-74.
- Holz, E. K, *Trouble-Shooting Aluminum Die Casting Quality Problems*, Transactions of 7th. SDCE International Die Casting Congress, 1972, Paper No. 4372.
- Dody Prayitno, Norosmimi Abdul Razak, *Efek Suhu Rendaman pada Metode Aluminizing Terhadap kekuatan Baja Karbon Rendah*, Jurnal Teknik Mesin, Volume 6 No 3, 2006

- Dody Prayitno, Norosmimi Abdul Razak, *Efek Pemanasan Pendahuluan Pada pada Metode Aluminizing Terhadap kekuatan Baja Karbon Rendah*, Jurnal POROS, Volume 10 No 2, 2007
- Prayitno, D. *Pembentukan lapisan Intermetalik dengan Metode Powder Liquid Coating Sebagai Upaya Alternatif Pengerasan Permukaan Besi Tuang Nodular*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing 2009 DIKTI Kementerian Pendidikan Nasional
- Chu, Y.L., P.S. Cheng, dan R. Shivpuri, *Soldering Phenomenon in Aluminum Die Casting: Possible Causes and Cures*, Transactions Rosemont Illinnox: North American Die Casting Association, 1993.
- Makhlouf M. Makhlouf Diran Apelian, 2002, *CASTING CHARACTERISTICS OF ALUMINUM DIE CASTING ALLOYS*, final report The Advanced Casting Research Center Worcester Polytechnic Institute Worcester, Massachusetts 01609. 2002