

Improved Thermal Shock Resistance of Side Die Material for Increased Production of Disc Car Whell Type PSD3K

Herry Patria^{1*}, Iwan Susanto¹, Belyamin¹, Dianta Mustofa Kamal¹, Seto Tjahyono¹

¹Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, DepokDepok, 16425

*Corresponding author: herry.patria.tm22@mhs.pnj.ac.id,

Artikel info: Diterima: 18 November 2023 | Disetujui 29 Maret 2024 | Tersedia online: 30 April 2024

DOI: 10.32722/jmt.v5i1.6368

Abstrak

PT.XYZ merupakan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan suku cadang automotive saat ini mengalami peningkatan sales order dilain sisi menghadapi masalah pada produktivitas akibat dari side die retak pada shoot ke 1400 Pcs .Retaknya side die dikarenakan adanya shock thermal yang terjadi guna percepatan proses produksi, akibatnya pada side die terjadi retakan. Riset dilakukan untuk meningkatkan ketahanan side die terhadap shocktermal dengan mengganti material side die dari FCD550 ke SKD6 dengan tujuan meningkatkan performance side die untuk peningkatan produktivitas. Dengan konsep melakukan penelitian dilapangan produksi langsung kemudian menganalisa kareteristik material FCD550 dan SKD6, Karateristek die , Kareteristik proses , Karakteristik produk jadi sebelum dan setelah perubahan dengan pengujian hasil lab alat ukur serta melakukan trial variasi parameter setting mesin , variasi proses produksi dan produk yang dihasilkan. Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa Matrial SKD6 jauh lebih kuat dibandingkan FCD550 terhadap shock thermal die disc car Whell ini terlihat pada kondisi material side die menggunakan FC550 produksi stop pada saat 1400 Pcs , Hasilnya setelah side die menggunakan material SKD6 sampai dengan produksi ke 20000 pcs side die tidak terjadi retakan .

Kata-kata kunci: Shock thermal die disck car wheel

Abstract

PT. XYZ is a manufacturer engaged in the manufacture of automotive parts is currently experiencing an increase in sales orders, on the other hand facing problems in productivity due to side die cracks in the shoot to 1400 Pcs. The cracking of the side die is due to a thermal shock that occurs to accelerate the production process, as a result of which cracks occur in the side die. Research was conducted to improve side die resistance to thermal shock by changing side die material from FCD550 to SKD6 with the aim of improving side die performance for increased productivity. With the concept of conducting research in the field of direct production then analyzing rubber eristic materials FCD550 and SKD6, die characteristics, rubber eristic processes, finished product characteristics before and after changes by testing the results of laboratory measuring instruments and conducting trials variations in machine setting parameters, variations in production processes and products produced. From the results of this study proves that matrial SKD6 is much stronger than FCD550 against Whell's thermal die disc car shock, it can be seen in the condition of side die material using FC550 production stop at 1400 pcs, The result after the side die using SKD6 material up to production to 20000 pcs side die does not occur cracks.

Keywords: Shock thermal die disck car wheel



Konten dari karya ini dapat digunakan di bawah ketentuan lisensi [Creative Common Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). Distribusi lebih lanjut dari karya ini harus mempertahankan atribusi kepada penulis dan judul karya, kutipan jurnal dan DOI

PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan suku cadang *automotive* saat ini mengalami peningkatan *sales order* dilain sisi menghadapi masalah pada produktivitas. PT XYZ melakukan peningkatan proses produksi dengan kondisi kapasitas produksi saat ini 7 meni/*pcs* (4825 *pcs/mc* selama 25 HK) sedangkan permintaan *customer* 5 menit/*pcs* (6750 *pcs* selama 25 HK). Kemudian dilakukan aktivitas percepatan untuk memenuhi *sales order customer* dengan mempercepat waktu pematangan produk dengan menempatkan *cooling system* pada area tengah cetakan. Hal ini berdampak pada terjadinya *shock thermal* pada area *side die* berakibat *side die* retak ketika produksi mencapai 1400 *pcs* . Hal ini juga berefek pada produk yang dihasilkan, ada retakan rambut diposisi *side die* secara *quality* produk masuk dalam katagori produk retak dan *reject*, karena masalah *side die* retak riset dilakukan untuk memperbaiki ketahanan terhadap *shock thermal* material cetakan atau *die* yang terjadi saat proses percepatan pematangan produk dengan tujuan meningkatkan kapasitas produksi.

Penelitian ini secara mendalam hanya meneliti konduktivitas *thermal* pada *die* dan proses perambatan retak pada *die* akibat batas umur masa pakai *die* yang digunakan belum mengatasi masalah keretakan akibat kejutan termal pada *dies* [1] . Penelitian ini melihat proses pembentukan senyawa utama dalam paduan AZ91-0.9 Gd, retak mikro tumbuh dengan cepat membentuk retak utama, dan secara bertahap terhubung dengan retak mikro lainnya, sehingga retak utama menjadi lebih besar berakibat kegagalan fraktur paduan belum menyelesaikan masalah dari rambatan retak yang terjadi [2]. Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan T4 dan T6 meningkatkan sifat mekanis ketahanan rambatan retakan dan juga melihat nilai kekuatan tarik tertinggi yang diperoleh pada suhu coran 688°C dengan perlakuan T6. Nilai ketangguhan *impact* tertinggi diperoleh pada suhu coran 738°C dengan perlakuan T4 tidak menyelesaikan masalah terjadi keretakan [3] . Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *bending* radius yang tepat pada Al 2024 T3 *sheet* tanpa adanya retak. Adapun metode penelitian ini adalah mempersiapkan benda uji untuk *bending* radius pada proses *lightening holes* dan melakukan penekanan menggunakan mesin *eccentric press* dengan variasi radius *die bending*. *Bending* radius pada Al T3 *sheet* berhasil tanpa adanya retak pada *die*. Perbedaannya pada tesis ini pada cara penanganan masalah nya dengan merubah dimensi *die* dengan proses *bending* spesimennya [4]. Penelitian ini berhasil mengatasi keretakan pada produk yang dihasilkan dengan menggunakan panjang dan indeks retak akibat *thermal* sebagai indikator terukur retak panas. Peningkatan kandungan silikon akan menurunkan panjang dan indeks retak panas benda cor tipis Al-Si. Peningkatan temperatur tuang dan cetakan akan meningkatkan panjang dan indeks retak panas benda cor tipis Al-Si. Kombinasi temperatur tuang dan cetakan rendah serta komposisi silikon tinggi akan menghasilkan benda cor tipis Al-Si bebas retak akibat thermal[5].

LANDASAN TEORI

Kejutan Thermal

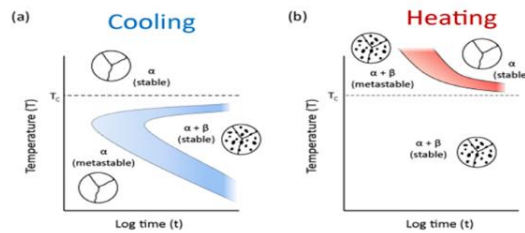
Kejutan *thermal* adalah fenomena yang ditandai dengan perubahan suhu yang cepat yang menghasilkan beban mekanis sementara pada suatu objek yang disebabkan oleh ekspansi diferensial dari berbagai bagian objek karena perubahan suhu. Ekspansi diferensial ini dapat dipahami sebagai regangan, bukan stres. Ketika regangan melebihi kekuatan tarik material, itu dapat menyebabkan objek retakan dan akhirnya menyebabkan kegagalan struktural. Langkah-langkah dengan tujuan ketahanan objek terhadap kejutan thermal dapat digunakan untuk pemilihan material dalam aplikasi ketahanan objek terhadap perubahan suhu yang sangat cepat. Ukuran umum ketahanan kejutan termal adalah perbedaan suhu maksimum, ΔT , yang dapat dipertahankan oleh material pada ketebalan tertentu [7].

Thermal shock resistance diukur dari pemanasan sampel untuk variasi temperatur T_{max} . Sampel dengan cepat didinginkan dengan *quenching* dari T_{max} sampai dengan sedang, biasanya sampai suhu air. Kekuatan dalam mempertahankan *postquench* yang diukur dan diplot berbanding terbalik dengan tingkat keparahan *quench*, atau $\Delta T = T_{max} - T_{(ambil)}$.

Diagram *TTT* pendinginan biasanya paling berguna untuk fase massal karena pentingnya perlakuan panas dalam operasi, diagram *TTT* pemanasan bisa dibilang lebih penting untuk mempelajari transisi kulit batas butir. Jika suhu perlakuan panas melebihi suhu transisi kulit, lompatan terputus-putus dalam difusivitas dan mobilitas batas butir dapat menyebabkan pertumbuhan butir yang tak terkendali (misalnya, selama sintering), peningkatan laju oksidasi, dan efek lain yang berpotensi tidak diinginkan. Dengan demikian, dengan memahami batas suhu dan waktu di mana transisi corak batas butir tidak akan terjadi, protokol yang ditingkatkan untuk pemrosesan bahan dalam berbagai kondisi layanan dapat dikembangkan.

Jelas dari Gambar 1 bahwa daerah metastabilitas fase massal dibalik untuk pendinginan dan pemanasan diagram *TTT*. Dalam diagram pendinginan *TTT* pada Gambar 1 (a), fase α metastabil di bawah *TC* untuk waktu

yang singkat, sedangkan pada diagram pemanasan *TTT* pada Gambar 1 (b), struktur mikro $\alpha + \beta$ metastabil di atas T_C untuk waktu yang singkat[8].



Gambar 1. Diagram *TTT* fase massal skematik untuk sistem hipotetis yang bertransisi antara fase α tunggal dan fase $\alpha + \beta$ sebagai fungsi suhu: (a) Pendinginan isothermal dan (b) pemanasan isothermal

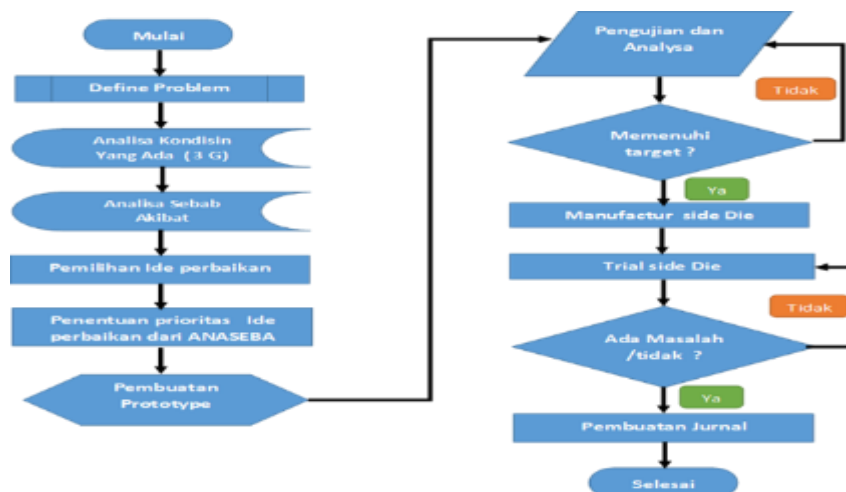
Standar Kekuatan Baja

FCD550 adalah besi cor *ball-ground* kelas Jepang dengan kekuatan tarik di atas 550MPa dan kandungan karbon hingga 4%. Paduan yang sebagian besar terdiri dari besi, karbon, dan silikon. Dalam paduan ini, kandungan karbon melebihi jumlah yang dipertahankan dalam larutan padat austenit pada suhu eutektik. Besi cor adalah paduan yang sebagian besar terdiri dari besi, karbon dan silikon. Dalam paduan ini kandungan karbon melebihi jumlah yang dipertahankan dalam larutan padat austenit pada suhu eutektik. Pengecoran tekanan adalah ekstrusi logam cair di bawah tekanan tinggi. Dalam pekerjaan abrasive berulang kali kontak dengan logam panas, sehingga *die casting die steel* membutuhkan ketahanan tinggi terhadap kelelahan. Konduktivitas termal yang tinggi, ketahanan aus yang baik dan ketahanan korosi dan kekuatan suhu tinggi tertentu. Sangat sedikit dari baja ini yang digunakan untuk cetakan[9].

Baja SKD 6 merupakan paduan kompleks yang mengandung sejumlah besar unsur paduan seperti Karbon (C), Tungsten (W), Molybdenum (Mo), Vanadium (V), Mangan (Mn), dan Chrom (Cr). Baja SKD6 jenis baja paduan tinggi *hypoeutektoid*, menurut standarisasi JIS (Japanese Industrial for standar) baja paduan ini dihasilkan dari proses *Hot Work Tools Steel* dan memiliki keunggulan operasi panas tinggi, ketangguhan yang baik, dan ketahanan aus yang baik. Baja SKD6 ekuivalen dengan AISI H13 menurut AISI (*American Industrial For Standard*). Aplikasi material baja SKD6 Aluminium *Extrusion Dies, Die Casting Dies, Heavy Duty Compression Toola, Forming punches, Hot Forging Dies, Plastic Mold Dies, Mold Accessories (plunger sleeve, plunger tip)*[10]. Untuk usur paduan yang tahan terhadap *shock thermal* adalah Vanadium (V). Vanadium (V) meningkatkan kekuatan, batas rentang, kekuatan panas dan ketahanan lelah, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan kepekaan terhadap senganatan panas yang melewati batas pada perlakuan panas.

Metode penelitian

Dalam melakukan penelitian dibuat diagram alir proses penelitian seperti ditunjukkan pada seperti gambar 2.



Gambar 2 .Flow Proses Penelitian

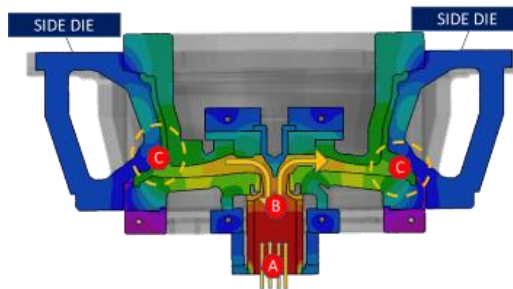
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Rancangan Prototipe

Konsep dasar dari tesis ini adalah bagaimana melakukan percepatan proses produksi untuk memenuhi peningkatan *sales order* yang ada tanpa ada efek retakan terhadap *side die* dan produk yang dihasilkan. Untuk percepatan dilakukan penambahan *system cooling* pada area tengah *side die*. Dengan melakukan optimalisasi *design* dengan memposisikan *pipe cooling* pada area tengah *side die*. Dengan konsep diatas diharapkan proses pematangan produk bisa di percepat tanpa terjadi retakan pada *side* akibat adanya kejutan *thermal* pada area *cooling system*.

Mekanisme Percepatan Pematangan Produk

Saat Posisi A masuknya material *casting* dari bawah dengan *speed* sesuai dengan standar *setting* menuju ke area B dan ujung cetakan area C maka terjadi penyusutan material yang besar pada posisi C sehingga terjadi keropos dan diperlukan perlambatan solidifikasi di area B, sehingga waktu pembentukan produk pada posisi ujung area C dengan suhu yang panasnya 700°C menuju suhu pematang produk ke 560°C membutuhkan waktu 7' sampai *die open*. Hal inilah yang mengharuskan dilakukannya *design cooling system* di area C untuk mengurangi atau memutus panas yang terjadi pada area tersebut sehingga bisa mempercepat waktu pematangan produk tanpa terjadi retakan *side die* pada posisi *cooling system* dan produk yang dihasilkan.



Gambar 3. Visualisasi potongan Main Die dan Side Die

Penentuan Material Side Die

Untuk pemilihan material apa yang akan digunakan untuk pengganti material FCD550 untuk *side die* sebelumnya harus memenuhi beberapa kriteria yang paling utama tahan terhadap *shock thermal* yang terjadi pada proses *casting*. Unsur *chemical* yang mempengaruhi ketahanan *shock thermal* dari bahan baja coran adalah Vanadiumnya harus lebih baik. Beberapa material yang biasa digunakan untuk proses *hot camber* dan *shock Cooling* seperti Tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1 Material biasa yang digunakan untuk Hot Camber dan shock Cooling

Hot Camber and Shock Cooling																		
USS	Hardnes (HRC)	Chemical Compositio %										Similar steel						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Ni	AISI	JIS	DIN	ASSAB	DAIDO	BOHLER	HITACHI
Ed61 WPSV	48 ~ 52	0,32 0,42	0,8 1,20	Max 0,05	Max 0,03	Max 0,03	4,50 5,50	1,00 1,50	-	1,80 1,20	-	H13	SKD61	1,2344	ASSAB 8407	DHA1	W302	DAC
SKT4 A50	41 ~ 44	0,50 0,60	Max 0,35	0,60 1,00	Max 0,03	Max 0,03	0,70 1,00	0,20 0,50	-	Max 0,20	1,30 2,00	L6	SKT4	1,2714	ASSAB 2714	GFA	W500	DM
DM3X	54 ~ 56	0,38	-	-	-	-	5,00	3,00	-	0,50	-	-	-	1,2367	QR090	-	W303	-
WPAX	60 ~ 62	0,50	-	-	-	-	4,20	2,00	1,50	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-

Kemudian dilakukan perbandingan secara data *sheet* material antara FCD550 dengan SKD6. *Type material* SKD ada 2 :

1. SKD61 jenis material yang diperuntukan untuk proses *forjin*
2. SKD6 Jenis material yang di peruntukan untuk proses *casting*

Sehingga di putuskan untuk memilih material SKD6 seperti terlihat pada table perbandingan FCD550 dan SKD6 dibawah ini, Untuk menyakin kan pilihan material SKD6 sudah tepat kita melihat perbandingn dari data sheet dengan material SDK61 dan SKT4

Tabel 3 Perbandingan data *sheet* material SKD6 ,SKD61 dan SKT4

<table border="1"> <tr><td>Grade:</td><td>SKD6</td></tr> <tr><td>Standard:</td><td>JIS G 4404 : Alloy tool steels</td></tr> <tr><td>Classification:</td><td>Tool steel</td></tr> <tr><td>Applications:</td><td>Mainly used for hot forming mold</td></tr> </table>	Grade:	SKD6	Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels	Classification:	Tool steel	Applications:	Mainly used for hot forming mold	<table border="1"> <tr><td>Grade:</td><td>SKD6</td></tr> <tr><td>Standard:</td><td>JIS G 4404 : Alloy tool steels</td></tr> <tr><td>Classification:</td><td>Tool steel</td></tr> <tr><td>Applications:</td><td>Mainly used for hot forming mold</td></tr> </table>	Grade:	SKD6	Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels	Classification:	Tool steel	Applications:	Mainly used for hot forming mold	<table border="1"> <tr><td>Grade:</td><td>SKT4</td></tr> <tr><td>Standard:</td><td>JIS G 4404 : Alloy tool steels</td></tr> <tr><td>Classification:</td><td>Tool steel</td></tr> <tr><td>Applications:</td><td>Mainly used for hot forming mold</td></tr> </table>	Grade:	SKT4	Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels	Classification:	Tool steel	Applications:	Mainly used for hot forming mold																																																																																																															
Grade:	SKD6																																																																																																																																								
Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels																																																																																																																																								
Classification:	Tool steel																																																																																																																																								
Applications:	Mainly used for hot forming mold																																																																																																																																								
Grade:	SKD6																																																																																																																																								
Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels																																																																																																																																								
Classification:	Tool steel																																																																																																																																								
Applications:	Mainly used for hot forming mold																																																																																																																																								
Grade:	SKT4																																																																																																																																								
Standard:	JIS G 4404 : Alloy tool steels																																																																																																																																								
Classification:	Tool steel																																																																																																																																								
Applications:	Mainly used for hot forming mold																																																																																																																																								
<table border="1"> <tr><td colspan="9">Chemical composition % of SKD6</td></tr> <tr><td>C</td><td>Si</td><td>Mn</td><td>P</td><td>S</td><td>Cr</td><td>Mo</td><td>V</td><td></td></tr> <tr><td>0.32-0.42</td><td>0.8-1.2</td><td>max 0.5</td><td>max 0.03</td><td>max 0.02</td><td>4.5-5.5</td><td>1-1.5</td><td>0.3-0.5</td><td></td></tr> </table>	Chemical composition % of SKD6									C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V		0.32-0.42	0.8-1.2	max 0.5	max 0.03	max 0.02	4.5-5.5	1-1.5	0.3-0.5		<table border="1"> <tr><td colspan="9">Chemical composition % of SKD6</td></tr> <tr><td>C</td><td>Si</td><td>Mn</td><td>P</td><td>S</td><td>Cr</td><td>Mo</td><td>V</td><td></td></tr> <tr><td>0.32-0.42</td><td>0.8-1.2</td><td>max 0.5</td><td>max 0.03</td><td>max 0.02</td><td>4.5-5.5</td><td>1-1.5</td><td>0.3-0.5</td><td></td></tr> </table>	Chemical composition % of SKD6									C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V		0.32-0.42	0.8-1.2	max 0.5	max 0.03	max 0.02	4.5-5.5	1-1.5	0.3-0.5		<table border="1"> <tr><td colspan="9">Chemical composition % of SKT4</td></tr> <tr><td>C</td><td>Si</td><td>Mn</td><td>P</td><td>S</td><td>Ni</td><td>Cr</td><td>Mo</td><td>V</td></tr> <tr><td>0.5-0.6</td><td>0.1-0.4</td><td>0.6-0.9</td><td>max 0.03</td><td>max 0.02</td><td>1.5-1.6</td><td>0.8-1.2</td><td>0.35-0.55</td><td>0.55-0.95</td></tr> </table>	Chemical composition % of SKT4									C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	0.5-0.6	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95																																																						
Chemical composition % of SKD6																																																																																																																																									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V																																																																																																																																		
0.32-0.42	0.8-1.2	max 0.5	max 0.03	max 0.02	4.5-5.5	1-1.5	0.3-0.5																																																																																																																																		
Chemical composition % of SKD6																																																																																																																																									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V																																																																																																																																		
0.32-0.42	0.8-1.2	max 0.5	max 0.03	max 0.02	4.5-5.5	1-1.5	0.3-0.5																																																																																																																																		
Chemical composition % of SKT4																																																																																																																																									
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V																																																																																																																																	
0.5-0.6	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95																																																																																																																																	
<table border="1"> <tr><td colspan="9">Mechanical properties SKD6</td></tr> <tr><td colspan="9">Information is absent</td></tr> </table>	Mechanical properties SKD6									Information is absent									<table border="1"> <tr><td colspan="9">Mechanical properties SKD6</td></tr> <tr><td colspan="9">Information is absent</td></tr> </table>	Mechanical properties SKD6									Information is absent									<table border="1"> <tr><td colspan="9">Mechanical properties SKT4</td></tr> <tr><td colspan="9">Information is absent</td></tr> </table>	Mechanical properties SKT4									Information is absent																																																																																									
Mechanical properties SKD6																																																																																																																																									
Information is absent																																																																																																																																									
Mechanical properties SKD6																																																																																																																																									
Information is absent																																																																																																																																									
Mechanical properties SKT4																																																																																																																																									
Information is absent																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr><td colspan="9">Hardness of grade SKD6</td></tr> <tr><td></td><td>Brinell</td><td>Rockwell C</td><td>Rockwell B</td><td>Vickers</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>HBW / HB</td><td>HRC</td><td>HRB5 / HRB</td><td>HV</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKD6 Annealed</td><td>229</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKD6 Quenched and tempered</td><td>48</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Hardness of grade SKD6										Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers						HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV					SKD6 Annealed	229								SKD6 Quenched and tempered	48								<table border="1"> <tr><td colspan="9">Hardness of grade SKD6</td></tr> <tr><td></td><td>Brinell</td><td>Rockwell C</td><td>Rockwell B</td><td>Vickers</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>HBW / HB</td><td>HRC</td><td>HRB5 / HRB</td><td>HV</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKD6 Annealed</td><td>229</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKD6 Quenched and tempered</td><td>48</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Hardness of grade SKD6										Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers						HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV					SKD6 Annealed	229								SKD6 Quenched and tempered	48								<table border="1"> <tr><td colspan="9">Hardness of grade SKT4</td></tr> <tr><td></td><td>Brinell</td><td>Rockwell C</td><td>Rockwell B</td><td>Vickers</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>HBW / HB</td><td>HRC</td><td>HRB5 / HRB</td><td>HV</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKT4 Annealed</td><td>248</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SKT4 Quenched and tempered</td><td>42</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Hardness of grade SKT4										Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers						HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV					SKT4 Annealed	248								SKT4 Quenched and tempered	42							
Hardness of grade SKD6																																																																																																																																									
	Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers																																																																																																																																					
	HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV																																																																																																																																					
SKD6 Annealed	229																																																																																																																																								
SKD6 Quenched and tempered	48																																																																																																																																								
Hardness of grade SKD6																																																																																																																																									
	Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers																																																																																																																																					
	HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV																																																																																																																																					
SKD6 Annealed	229																																																																																																																																								
SKD6 Quenched and tempered	48																																																																																																																																								
Hardness of grade SKT4																																																																																																																																									
	Brinell	Rockwell C	Rockwell B	Vickers																																																																																																																																					
	HBW / HB	HRC	HRB5 / HRB	HV																																																																																																																																					
SKT4 Annealed	248																																																																																																																																								
SKT4 Quenched and tempered	42																																																																																																																																								

Dari table terlihat juga Unsur Vanadium yang dimiliki SKD6 lebih dari SKT4 sedangkan dengan SKD61 memang unsur vanadiumnya lebih tinggi tapi berbeda peruntukan prosesnya.

Pembuatan Cetakan

Pembuatan cetakan di subconkan ke *maker die* dengan tahapan proses standar yang di inginkan oleh PT XYZ.



Gambar 4. Tahapan proses pembuatan cetakan *side core*

Tahapan Proses Pembuatan Cetakan

Awal proses pembuatan 3D *design* cetakan kemudian pembuatan pola/peten dengan menggunakan bahan kayu cetakan dan pasir CO2 sebagai pengikat resin hasil proses ini adalah menjadikan inti core cetakan kemudian peleburan dan peramuian material yang sesuai dengan komposisi material dengan komposisi seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi kimia untuk standar pembuatan *side die* SKD6

No	Unsur / Element	Nilai (%)
1	Carbon (C)	0.41438
2	Silicon (Si)	0.91577
3	Sulfur (S)	0.00969
4	Phosphorus (P)	0.01498
5	Manganese (Mn)	0.21434
6	Nickel (Ni)	0.09965
7	Chromium (Cr)	4.55115
8	Molybdenum (Mo)	1.02786
9	Vanadium (V)	0.30433
10	Copper (Cu)	0.07798
11	Wolfram/Tungsten (W)	0.01141
12	Titanium (Ti)	0.00250
13	Tin (Sn)	0.00486
14	Aluminium (Al)	0.00421
15	Plumbum/Lead (Pb)	0.00397
16	Antimony (Sb)	0.01832
17	Niobium (Nb)	0.00341
18	Zirconium (Zr)	0.00010
19	Zinc (Zn)	0.01539
20	Ferro/iron (Fe)	92.30750

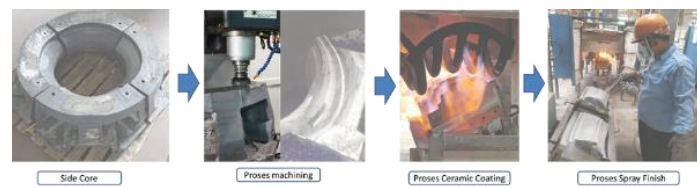
Table 5 Chemical composition (for hot forming mold)										Unit: %
No	Chemical composition									Remarks of application (temperature)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	
14	0.35-0.40	0.80	0.50-0.80	0.03	0.02	4.5-5.5	1.0-1.5	0.30	0.30	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
15	0.35-0.40	0.8-1.2	max 0.5	max 0.03	max 0.02	4.5-5.5	1-1.5	0.3-0.5		Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
16	0.50-0.60	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
17	0.50-0.60	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
18	0.50-0.60	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
19	0.50-0.60	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.
20	0.50-0.60	0.1-0.4	0.6-0.9	max 0.03	max 0.02	1.5-1.6	0.8-1.2	0.35-0.55	0.55-0.95	Die for press, die for extrusion, die for stamping, die for hot forming.



Gambar 5. Struktur micro SKD 6 (a) sebelum (b) setelah

Dari gambar micro struktur diatas struktur mikro sampel yang telah mengalami proses perlakuan panas pada temperatur 850oC selama 4 jam kemudian diikuti oleh pendinginan yang relatif lambat di dalam tungku. Tampak terlihat pada gambar tersebut keberadaan fasa ferrit (austenit = terang) disertai dengan fasa perlit (martensit=coklat/gelap). Laju pendinginan yang relatif lambat telah memberikan kesempatan pada austenit untuk bertransformasi menjadi fasa ferrit dan juga perlit.

Untuk mempersiapkan *side die* siap digunakan untuk proses produksi dilakukan proses penghalusan permukaan dengan *machining* proses dan pengerasan dengan *ceramic coating*. *Ceramic coating* ini gunanya supaya *side die* tahan terhadap panas.



Gambar 6. Tahapan Proses *machining* dan *ceramic coating*

Uji Kekerasan Material

Uji kekerasan dilakukan langsung dilapangan dengan mengukur 4 titik uji dengan specimen 5 pcs *side die*. Data yang didapat terlihat dari table dibawah ini;

Tabel 5. Hasil pengujian kekerasan pada FCD550 Pendinginan 148 jam pada material FCD550 setelah pendinginan dengan ssuhu air 40° C didapat nilai ujinya 18 ~ 20 HRC

No.	SPECIMEN	Kekerasan HRC FCD550				Rata-rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
1	I	19,3	19,6	18,8	18,1	18,95
2	II	19,9	19,4	19,3	18,8	19,35
3	III	19,4	19,1	18,7	19,2	19,10
4	IV	19,3	19,5	18,5	18,8	19,03
5	V	19,6	18,9	19,1	19,1	19,18

Tabel 7. Hasil pengujian kekerasan pada SKD6 Pendinginan 148 jam pada material FCD550 setelah pendinginan dengan suhu air 40° C didapat nilai ujinya 36 ~ 38 HRC

No.	SPECIMEN	Kekerasan HRC SKD6				Rata-rata
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
1	I	36,4	37,3	36,6	36,7	36,75
2	II	36,6	37,1	36,8	38,1	37,15
3	III	36,7	36,8	36,7	36,8	36,75
4	IV	36,1	36,8	36,8	37,4	36,775
5	V	36,5	36,7	36,3	37,2	36,675

Pengujian , Percobaan dan Validasi

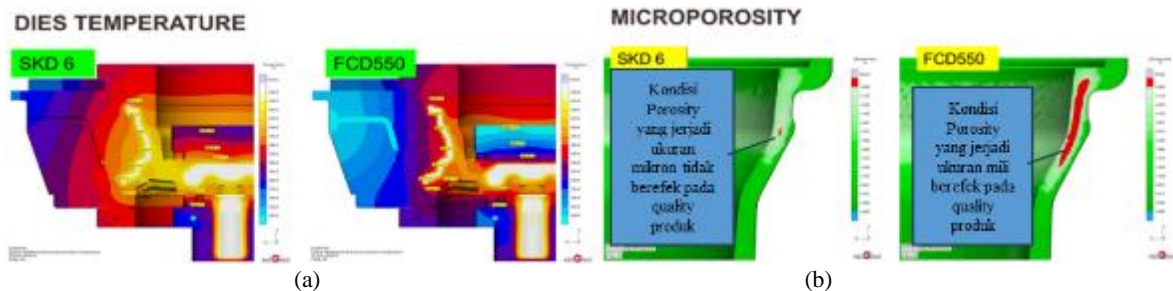
Tahapan-tahapan *trial* sebagai berikut;

1. Tahapan *Preparation*: Mempersiapkan *dummy disc car wheel* dan menyiapkan data untuk parameter *setting* mesin.
2. Tahapan *Trial* : Mempersiapkan *loading material dummy disc car wheel* dan melakukan perubahan parameter *solution loading* data .
3. Tahapan *Evaluasi* : Melakukan evaluasi data terhadap parameter *setting* dan data hasil produksinya baik secara dimensi maupun secara pengujian atau testing produknya dan pencatatan *cycle time heat treatment*.

Trial Side Die

Dengan menggunakan parameter *setting* mesin yang sama dan *system cooling system* yang sama kedua *side core* dilakukan pengujian pembuatan produk *disc car wheel*. Dan hasil perbandingan sebagai berikut;

1. Perbandingan *side die* SKD 6 dengan FCD550; Material SKD6 memiliki *thermal conductivity* lebih rendah 2X Dibandingkan material FCD550. Terlihat dari foto mikro kondisi *temperature* di dalam *die* untuk SKD6 kondisinya bisa mencapai 450°C sedangkan di FCD550 hanya mencapai 362°C . Material SKD6 untuk *Microporosity Area RIM* lebih baik dari FCD 550 terlihat dari Gambar 8 berikut.



Gambar 8.(a) Visualisasi Foto micro kondisi Temperatur SKD6 dan FCD 550 (b) Foto mikro kondisi porosity *side die*

2. Kondisi visual *side die* CD550 setelah 1400 pcs ada retak rambut begitu juga pada produk yang dihasilkan. Sedangkan untuk *side die* SKD 6 belum terlihat retak rambut dan produksinya OK dengan kondisi produksi yang sama setelah 1400 *pcs* produksi.



Gambar 11. *Side die* SKD6 dan produk Visual tidak ada retak rambut

Hasil keputusan *trial* untuk perubahan material pada *side die* FCD 550 ke SKD 6 terhadap kejutan *thermal* dinyatakan berhasil.

Trial Parameter Setting Mesin

Trial ini mendapatkan kondisi yang paling ideal dari parameter *setting* mesin dengan maksud percepatan proses *casting disc car wheel*.

Tabel 8. Parameter *setting* sebelum dan sesudah *trial*

CASTING PARAMETER		SEBELUM		SESUDAH	
		PAR-11		PAR - 1 Side Water	
		Std	Act	Target	Act
Solidification time (Process)	T1	60	60	30	30
	T2	230-280	300	10	10
	T3	0	0	10	10
	T4	0	0	235	220
	Tp0	50-60	50	50	50
	Waiting Inject dan Open	0	50	0	0
Total Solification		390	460	335	320
Cycle time (Target = 380)		517 detik		369detik	
OK CASTING		96.1 %		n = 100	100%

Kejut Thermal yang Terjadi

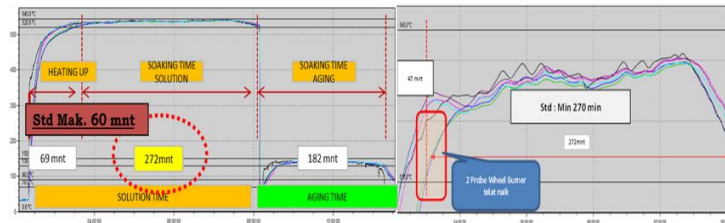
Dimana:

$n = 4$ *side die* dengan *system cooling* yang sama

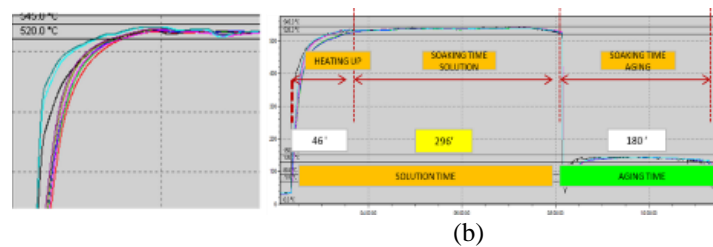
$T_{max} =$ suhu maximal = $700^{\circ}C$

$T_{ambil} = 40^{\circ}C$ (suhu air cooling)

$\Delta T = T_{max} - T_{(ambil)} n = 700^{\circ}C - 40^{\circ}C (4) = 540^{\circ}C$ (suhu pematangan produk)



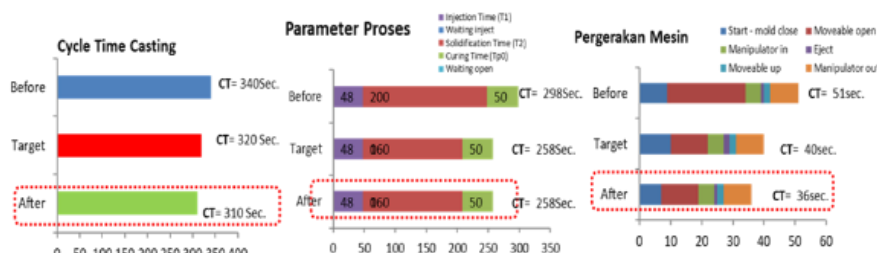
Gambar Curva 12. Data *trial* 1 Problem : Soking time terlalu kritis std min 270” (Actual 272)\ Temp RZ 1 Drop walaupun ada penurunan waktu proses dari 535 “ ke 530 “.



Gambar Curva 13. Data *trial* 2 (a) Temperatur RZ 1 : Temperatur RZ 1 tidak *drop* lagi (b) sudah mengurangi solution time dari 530” menjadi 333”.

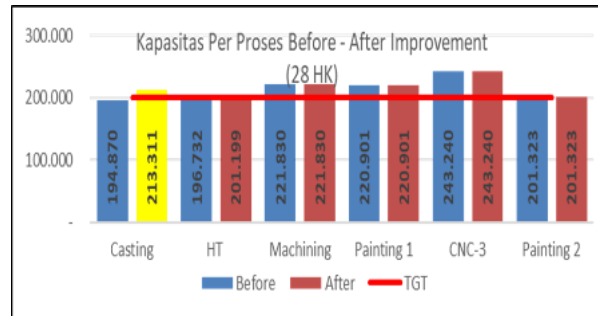
Analisa Hasil Riset

Evaluasi *Trial* perubahan parameter *setting* soaking (*holding*) dan *aging time* sebagai berikut :



Gambar 14 grafik Data evaluasi hasil *trial* perubahan parameter *setting*

Dari hasil evaluasi terhadap *improvement* yang sudah dilakukan ada peningkatan produktivitas *casting* dari 194870 Pcs /28 Hk menjadi 213311 Pcs/28 Hk dari 7 Mesin yang memproduksi *disc car wheel*, berarti permintaan *customer* 200.000 Pcs /28 Hk sudah terpenuhi.



Gambar 15 Grafik kapasitas per proses *before – after improvement*

Analisa Produk

Secara dimensi dilakukan pengukuran dan sudah sesuai standar dari customer.

Tabel 9. *Inspection Data Sheet* produk *disc car wheel* untuk posisi *side die*

DRAWING Section 7-2 (Potong tengah Produk Sisi Side Die)	No	Distance From K	STANDARD		TOOL	SAMPLE					AVG	STATUS	
						1	2	3	4	5			
	6	25 mm	Ø436,650	+ 1,2	CMM	25,044	25,217	25,284	25,673	25,584	25,3604	OK	
	7	65 mm	INNER	R176,754	± 0,4	CMM	176,692	176,749	176,713	176,623	176,671	176,6896	OK
			OUTER	R186,593			186,593	186,705	186,870	186,554	186,595	186,6634	OK
	8	90 mm	INNER	R178,502	± 0,4	CMM	178,455	178,580	178,514	178,514	178,370	178,4866	OK
			OUTER	R187,503			188,136	188,095	188,213	188,213	187,991	188,1296	OK

Tabel 10. Status visualtest uji produk *disc car wheel* untuk posisi *side die*

No.	Gambar Produk	Status Visual Produk Test Uji Produk			
		Impact	Moment Life	Impact 13	Impact 90
1		OK	OK	OK	OK
2		OK	OK	OK	OK
3		OK	OK	OK	OK
4		OK	OK	OK	OK
5		OK	OK	OK	OK

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan *side die* SKD 6 dengan FCD550; material SKD6 memiliki *thermal conductivity* lebih rendah 2X dibandingkan material FCD550. Terlihat dari foto mikro kondisi *temperature* di dalam *die* untuk SKD6 kondisinya bisa mencapai 450° C sedangkan di FCD550 hanya mencapai 362° C
2. Kondisi porosity pada material SKD6 yang terjadi ukuran mikron tidak berefek pada *quality* produk sedangkan kondisi porosity yang terjadi pada material FCD550 ukuran mili berefek pada *quality* produk.
3. Kondisi visual *side die* CD550 setelah 1400 pcs ada retak lambut begitu juga pada produk yang dihasilkan. Sedangkan untuk *side die* SKD6 belum terlihat retak rambut dan produksinya OK dengan kondisi produksi yang sama setelah 1400 Pcs produksi.
4. Material SKD6 lebih tahan terhadap *shock thermal cooling* saat suhu mencapai 700° C dialirkan air pendinganan 40° C secara cepat samapai dengan suhu pematang produk 560° C.

5. Produk yang dihasil sudah dilakukan pengukuran dimensi untuk area *side* tidak ada penyusutan dan porosity pada bagian tersebut.
6. *Life time side die* dengan material SKD6 dapat mencapai 200.000 produk *disc car wheel*.

REFERENSI

- [1] Y. Su, G. Fu, C. Liu, C. Liu, and X. Long, "Microelectronics Reliability Fatigue crack evolution and effect analysi Kondisi Porosity yang terjadi ukuran mili berefek pada quality produk s of Ag sintering die-attachment in SiC power devices under power cycling based on phase-field simulation," *Microelectron. Reliab.*, vol. 126, no. May, p. 114244, 2021, doi: 10.1016/j.microrel.2021.114244.
- [2] H. Cai, Z. Wang, L. Liu, Y. Li, and F. Xing, "Crack source and propagation of AZ91-0 . 9Gd alloy," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 16, pp. 1571–1577, 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.12.065.
- [3] "PENGARUH PERLAKUAN T4 DAN T6 TERHADAP PERAMBATAN RETAK FATIK ALUMINIUM PADUAN 2024.1".
- [4] E. Boedisoesetyo *et al.*, "PENGARUH BENDING RADIUS PADA LIGHTENING HOLES PROCESS TERHADAP KERETAKAN AL 2024 T3 SHEET," pp. 12–16, 2024.
- [5] S. Benda, T. Al-, and S. Elfendri, "Pencegahan Terjadinya Retak Panas pada Proses Pengecoran."
- [6] "PICA Prolem PT.PAKO th.2022."
- [7] C. Wei *et al.*, "A thermal-stress modelling methodology in ABAQUS for fundamentally describing the die / casting interface behaviour in a cyclic permanent die casting process," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 15, pp. 5252–5264, 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.10.120.
- [8] "Complexion Time-Temperature-Transformation (TTT) Diagrams: Opportunities and Challenges Onthida Schumacher," pp. 1–24.
- [9] S. Sabarudin *et al.*, "Peningkatan Kekerasan Fcd – 50 Dengan Proses Austemper , Cryogenic and Temper Ductile Iron (Actdi)," no. September, pp. 563–572, 2018.
- [10] S. Luthfiah, A. Faridh, and B. Soegijono, "The Effect of Vacuum Quenching on Corrosion and Hardness of the Surface of SKD61 Steel," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 694, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/694/1/012033.
- [11] I. Saefuloh, A. Pramono, M. Latief, and H. Istiqlaliyah, "Pengaruh Variasi Putaran Terhadap Nilai Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Alumunium Matrix Composite (AMC) Hasil Stir Casting Dengan Paduan Mg dan SiC yang Berlebih," *J. Mesin Nusant.*, vol. 2, no. 2, pp. 99–108, 2020, doi: 10.29407/jmn.v2i2.13986.
- [12] G. B. Low, "Pengaruh Arus dan Tegangan Pengelasan SMAW Baja Karbon Rendah Grade A dan Baja Karbon Rendah Grade B terhadap Sifat Mekanik," vol. 4, no. 2, pp. 103–114, 2020.