

Pengaruh Proses Temper terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Baja Perkakas Eskylos 2344

Pawawoi

Jurusan Teknik Metalurgi
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
Pwawoi72@gmail.com

Abstrak. Baja perkakas pengerjaan panas (*Hot Work Tool Steel*) Eskylos 2344 merupakan baja perkakas yang dihasilkan dari proses *ESR (Electro Slag Remelting)*. Baja ini memiliki sifat tahan gesekan, tahan tekanan tinggi, mampu keras (*good hardenability*) dan memiliki ketahanan panas (*hot resistant*) yang baik. Dengan adanya sifat mampu keras yang baik ini, maka sifat baja perkakas Eskylos dapat diubah dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Salah satu proses perlakuan panas yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat mekaniknya adalah pemanasan pada temperatur Austenisasi yang diikuti dengan pendinginan cepat kemudian dilanjutkan proses temper. Hasil optimum perlakuan panas baja perkakas pengerjaan panas Eskylos 2344 dicapai pada temperatur Austenisasi 1050°C dan proses temper pada temperatur 400°C dengan kekerasan rata-rata 55,6 Hrc dan ketahanan aus 5,24%. Sedangkan struktur mikro baja perkakas pengerjaan panas Eskylos 2344 menunjukkan sebaran partikel-partikel karbida spheroidal halus dalam matrik martensit temper

Kata kunci : *Eskylos, Hot Work Tools Steels, Austenisasi, Temper dan Spheroidal*

1 Pendahuluan

Baja Perkakas adalah baja yang biasa digunakan sebagai perkakas seperti untuk perkakas potong, perkakas bentuk ataupun perkakas cetak yang umumnya mengandung karbida yang terbentuk dari kandungan unsur paduan yang dimilikinya. Beberapa syarat utama yang harus dimiliki oleh kelompok baja ini adalah harus mempunyai sifat tahan aus dan ketangguhan yang tinggi. Dalam aplikasinya baja ini akan mengalami tekanan dan gesekan langsung dengan material yang sedang dikerjakan, sehingga sifat tersebut di atas harus dimiliki baja ini. Salah satu proses tambahan untuk menghasilkan baja perkakas yang berkualitas tinggi adalah proses perlakuan panas. Proses ini dilakukan untuk memperbaiki sifat baja perkakas yang ada dengan memanaskan pada temperatur austenit diikuti proses pendinginan yang cepat (dengan media air atau oli) kemudian diikuti proses temper untuk memperbaiki sifat uletnya.

Baja perkakas pengerjaan panas (*Hot Work Tool Steel*) Eskylos 2344 merupakan baja perkakas murni yang pembuatannya melalui proses *ESR (Electro Slag Remelting)* dengan karakteristik tahan gesekan, tahan tekanan tinggi, mampu keras yang baik (*Good Hardenability*) dan memiliki ketahanan panas yang baik. Untuk meningkatkan sifat baja ini maka dilakukan variasi proses pemanasan pada temperatur austenit yang kemudian diikuti proses pendinginan dengan cepat menggunakan media oli. Setelah itu dilakukan proses temper, yang temperatur tempemnya dibedakan untuk melihat sejauh mana sifat mekanik (kekerasan, tahan aus dan struktur mikro) yang dihasilkan.

2 Metodologi Penelitian

Proses perlakuan panas pada baja perkakas Eskylos 2344 meliputi proses pengerasan (*hardening*), pendinginan dengan celup cepat (*quenching*) dan proses temper (*tempering*).

Pengaruh Proses Temper terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Baja Perkakas Eskylos 2344

2.1 Proses Pemanasan (*Heating*)

Proses pemanasan dilakukan dalam tungku pemanas dengan temperatur pemanasan $T_1 : 1020^{\circ}\text{C}$, $T_2 : 1035^{\circ}\text{C}$, dan $T_3 : 1050^{\circ}\text{C}$ dengan lamanya waktu pemanasan selama 15 menit yang sebelumnya telah dilakukan pemanasan awal (*pre-heating*) dengan temperatur 650°C selama 30 menit.

2.2 Proses Pendinginan Celup Cepat (*Quenching*)

Proses pendinginan celup cepat dilakukan pada media oli.

2.3 Proses Temper (*Tempering*)

Proses temper merupakan proses untuk memperbaiki keuletan dan ketangguhan dari baja perkakas yang telah mengalami proses pengerasan (*hardening*). Temperatur untuk proses temper berada dibawah temperatur A3, dengan waktu penahanan tertentu yang kemudian didinginkan diudara. Pada proses ini dilakukan pada temperatur 200°C , 300°C , 400°C dan 500°C dengan waktu penahanan selama 40 menit.

2.4 Proses Pemeriksaan dan Pengujian

Proses pemeriksaan dan pengujian meliputi proses pemeriksaan komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian ketahanan aus dan pemeriksaan struktur mikro.

2.4.1 Pemeriksaan Komposisi Kimia

Pemeriksaan komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat pada material yang akan digunakan kemudian hasil pemeriksaan ini dibandingkan dengan standar AISI maupun standar dari pabrik yang ekuivalen dengan material tersebut.

2.4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui harga kekerasan dari material uji awal, material uji yang telah mengalami proses pemanasan yang diikuti oleh proses pendinginan celup cepat (*quenching*), dan juga material uji proses pengerasan yang diikuti proses temper. Pengujian kekerasan ini menggunakan mesin uji Rockwell C dengan beban mayor sebesar 150 Kg dan beban minor sebesar 10 Kg.

2.4.3 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus pada material uji bertujuan untuk mengetahui ketahanan material terhadap gesekan yang terjadi.

2.4.4 Pemeriksaan Struktur Mikro

Pemeriksaan struktur mikro bertujuan untuk mengidentifikasi fasa-fasa yang ada dalam spesimen melalui alat mikroskop metalurgi. Pemeriksaan ini meliputi pengukuran besar butir awal (*Prior Austenite*) dan struktur mikro setelah proses perlakuan panas.

3 Data dan Pembahasan

Hasil pemeriksaan komposisi kimia ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil pengujian komposisi kimia baja perkakas Eskylos 2344

Unsur	Spesimen hasil uji (% berat)	Standar Eskylos 2344 (% berat)	AISI H 13
C	0,3950	0,37 - 0,42	0,35
Cr	5,0500	5,00 - 5,50	5,00
Mo	1,2900	1,20 - 1,70	1,50
V	0,9460	0,85 - 1,20	1,00
Si	1,1300	0,85 - 1,20	-
Mn	0,3700	0,20 - 0,50	-
P	0,0080	-	-
Ni	0,1600	-	-
Cu	0,1600	-	-
S	0,0010	-	-
Al	0,0360	-	-
Sn	0,0090	-	-
Fe	Sisa	Sisa	Sisa

Hasil pengujian kekerasan (Hrc) kimia ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Hasil pengujian kekerasan (HRC) baja perkakas Eskylos 2344

SPEKIMEN	Kekerasan (HRC)			Rata - rata
Material Awal	18	18	18	18
A ₁ (T _y = 1020 ^o C, t = 15")	53	53,4	53,2	53,2
A ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40")	51,6	50,8	51,5	51,3
A ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40")	53	53,7	53,5	53,4
A ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40")	53,8	54,8	53,8	54,1
A ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40")	50,4	50,8	51,2	50,8
B ₁ (T _y = 1035 ^o C, t = 15")	54,4	52	52	54,8
B ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40")	52,3	52,6	53,2	52,7
B ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40")	53,8	54	54	53,9
B ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40")	54,8	55	54,8	54,8
B ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40")	51,5	51,7	51,6	51,5
C ₁ (T _y = 1050 ^o C, t = 15")	55,8	56,8	55,8	56,1
C ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40")	53,6	53,2	53,7	53,5
C ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40")	54,4	55,2	54,8	54,8
C ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40")	55,6	55,7	55,6	55,6
C ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40")	52,2	52,7	52,6	52,5

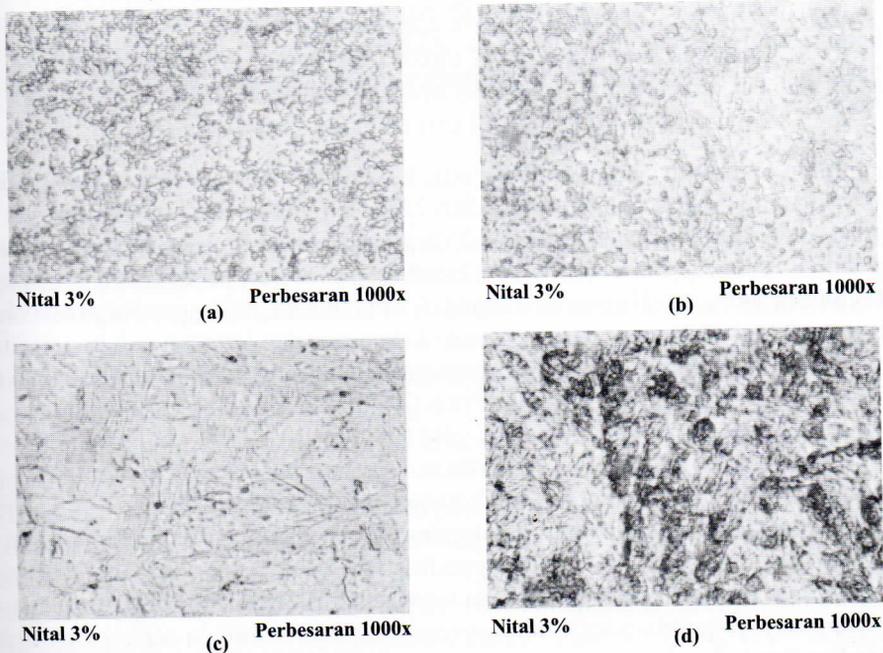
Pengaruh Proses Temper terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Baja Perkakas Eskylos 2344

Hasil pengujian kekerasan (Hrc) kimia ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

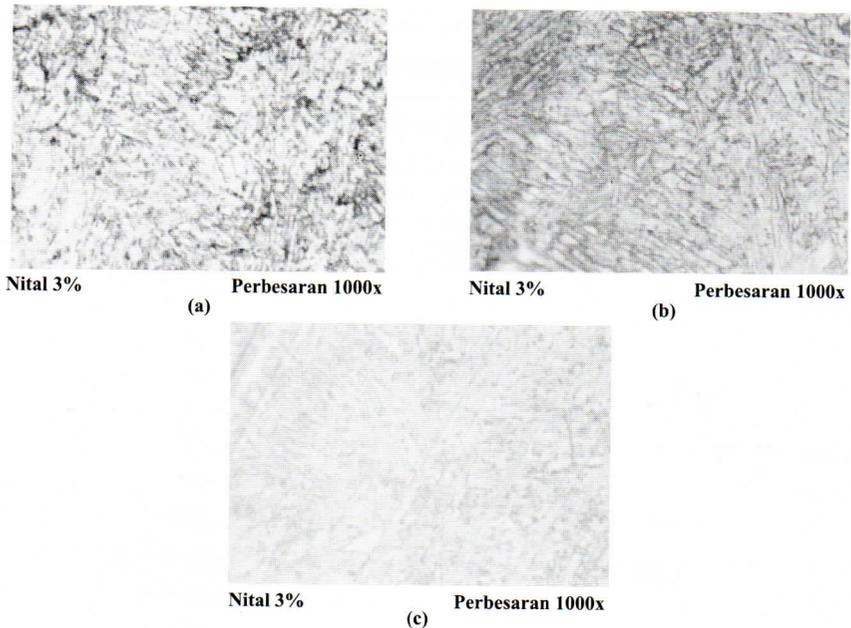
Tabel 3 Hasil pengujian ketahanan aus baja perkakas Eskylos 2344

SPESEMEN	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)	Kehilangan Berat (%)
Material Awal	13,3295	9,009	3,3214	32,41
A ₁ (T _y = 1020 ^o C, t = 15'')	12,2992	11,3758	0,9234	7,50
A ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40'')	11,8851	10,9609	0,9242	7,77
A ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40'')	12,0512	11,1325	0,9187	7,62
A ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40'')	11,5800	10,7009	0,8791	7,59
A ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40'')	11,3522	10,4558	0,8964	7,89
B ₁ (T _y = 1035 ^o C, t = 15'')	11,6072	10,8730	0,7342	6,32
B ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40'')	11,8322	11,0296	0,8026	6,78
B ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40'')	10,7425	10,0217	0,7208	6,70
B ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40'')	10,4324	9,7395	0,6929	6,64
B ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40'')	11,4456	10,6643	0,7813	6,82
C ₁ (T _y = 1050 ^o C, t = 15'')	12,9770	12,2963	0,6807	5,24
C ₁₁ (Temper = 200 ^o C, t = 40'')	12,9760	12,2280	0,7480	5,76
C ₁₂ (Temper = 300 ^o C, t = 40'')	11,0578	10,4400	0,6178	5,58
C ₁₃ (Temper = 400 ^o C, t = 40'')	11,1578	10,5422	0,6156	5,51
C ₁₄ (Temper = 500 ^o C, t = 40'')	12,7078	11,9706	0,7372	5,80

Sedangkan hasil pemeriksaan metalografi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1 Struktur mikro Baja Perkakas Eskylos 2344, (a) Kondisi awal, partikel karbida berbentuk bulat yang halus dalam matrik ferit, (b) Temperatur austenisasi 1020^oC, As-quench, (c) Temperatur austenisasi 1035^oC, As-quench, dan (d) Temperatur austenisasi 1050^oC, As-quench, dengan partikel karbida dalam matrik martensit



Gambar 2 Struktur mikro Baja Perkakas Eskylos 2344 setelah mengalami proses temper (a) Temperatur temper 200°C, (b) Temperatur temper 300°C, dan (c) Temperatur temper 400°C, partikel karbida dalam matrik martensit temper

Dari hasil pengujian komposisi kimia, baja perkakas Eskylos 2344 memenuhi standar baja perkakas pengerjaan panas AISI H 13, dengan adanya unsur tambahan 1,1%Si dan 0,37%Mn. Unsur mangan berfungsi untuk mengikat sulfur, sehingga mencegah terbentuknya besi sulfida (FeS) yang menyebabkan terjadinya rapuh panas (*Hot Shortness*) dan selain itu dapat meningkatkan keuletan dan menstabilkan atau memperluas daerah austenit, sedangkan silikon berfungsi sebagai deoksidan pada proses pembuatan baja, serta meningkatkan sifat mampu keras.

Pada pengujian kekerasan dan ketahanan aus, kekerasan rata-rata material setelah proses perlakuan panas meningkat dengan tajam dari 18 HRC pada kondisi awal, menjadi 56 HRC setelah proses pendinginan celup cepat dan 55,6 setelah proses temper, sedangkan ketahanan aus yang dilihat dari presentase kehilangan berat menunjukkan perubahan yang sangat jauh dari 32,4% pada kondisi awal menurun menjadi 5,24% setelah proses pendinginan celup cepat dan 5,51% setelah proses temper. Peningkatan kekerasan dan ketahanan aus ini terjadi karena perubahan fasa yang dialami oleh material baja perkakas Eskylos 2344 dari fasa ferit menjadi fasa martensit dan terbentuknya karbida .

Perubahan fasa ini lebih terlihat pada pemeriksaan struktur mikro dengan munculnya partikel karbida yang berbentuk bulat dalam jumlah yang bervariasi. Jenis karbida yang terjadi juga berbeda bergantung pada proses perlakuan panas pada material. Pada pemanasan sampai temperatur austenit, yang diikuti dengan pendinginan celup cepat, fasa berubah dari ferit menjadi martensit. Martensit merupakan fasa larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada fasa ferit yang terjadi karena adanya karbon yang terjebak sehingga menggeser kedudukan atom-atom Fe. Perubahan ini menyebabkan terbentuknya struktur *body centered tetragonal* (BCT). Kandungan karbon pada material Eskylos 2344 yang cukup besar sekitar 0,39%C dapat membentuk martensit *lath*.

Pengaruh Proses Temper terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Baja Perkakas Eskylos 2344

Selain terbentuk fasa martensit, juga terbentuk endapan karbida Cr_7C_3 yang tersebar dalam matriks martensit dengan harga kekerasan lebih tinggi dari kekerasan martensit.

Proses temper dilakukan dengan memanaskan kembali material mengalami proses pendinginan celup cepat yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa, menaikkan keuletan dan ketangguhan, serta mengurangi kemungkinan terjadinya retak pada spesimen setelah mengalami proses hardening. Tapi disamping itu kekerasan juga akan turun. Pada proses temper $200^{\circ}C$, baja perkakas Eskylos 2344 mengalami perubahan fasa martensit menjadi martensit temper. Perubahan ini menyebabkan atom-atom C yang terjebak akan berdifusi sebagian sehingga regangan sekitar kisi tersebut akan berkurang. Proses ini menyebabkan terjadinya penurunan kekerasan. Semakin tinggi temperatur temper kekerasan akan semakin turun dan keausan akan semakin besar. Perubahan sifat mekanik ini diakibatkan adanya perubahan fasa yang terbentuk seiring dengan naiknya temperatur temper.

Proses temper pada temperatur antara $200^{\circ}C$ dan $300^{\circ}C$, akan mengubah Austenit sisa menjadi martensit temper, sehingga kekerasan akan meningkat. Sedangkan proses temper pada temperatur $300^{\circ}C$ sampai $400^{\circ}C$ akan menyebabkan pengerasan kedua (walaupun peningkatan harga kekerasannya cukup rendah). Jumlah karbida Cr_7C_3 yang terlarut akan diganti oleh karbida halus (Cr_3C). Karbida Cr_3C merupakan karbida yang menyebabkan terjadinya pengerasan kedua. Struktur mikro yang terbentuk yaitu karbida sferoidal halus dalam matrik martensit temper dan mulai terbentuk karbida baru (Cr_3C) dengan jumlah yang belum terlalu banyak dengan ukuran relatif lebih kasar.

Proses temper pada temperatur $400^{\circ}C$ menghasilkan harga kekerasan dan ketahanan aus paling maksimal dari temperatur temper yang lain dengan struktur mikro yang terbentuk partikel karbida sferoidal halus dalam matrik martensit temper yang cukup banyak. Namun pada temperatur $500^{\circ}C$, akan terjadi pengkasaran karbida diikuti dengan pertumbuhan fasa ferit, yang ditandai dengan penurunan harga kekerasan. Penurunan harga kekerasan dan peningkatan persentase keausan dari temperatur $500^{\circ}C$, diakibatkan terjadinya pengkasaran karbida Cr_7C_3 dan terjadinya pertumbuhan fasa ferit dalam batas butir.

5 Kesimpulan

1. Dari hasil pemeriksaan komposisi kimia, material baja ESKYLOS 2344 sesuai dengan standar baja perkakas pengerjaan panas AISI H 13.
2. Struktur mikro baja ESKYLOS 2344 pada kondisi awal (*anneal*) memiliki fasa partikel karbida sferoidal halus dalam matrik ferit dan setelah proses *hardening* dan *temper* adalah fasa karbida dalam matrik martensit temper.
4. Pada temperatur temper $200^{\circ}C$ sampai $400^{\circ}C$ material baja ESKYLOS 2344 mengalami peningkatan harga kekerasan dari 52.7 HRc sampai 54.8 HRc dan penurunan laju keausan dari 6,78% sampai 6,64%.
5. Pada temperatur temper $500^{\circ}C$, terjadi penurunan harga kekerasan dan peningkatan laju keausan material baja ESKYLOS 2344 dengan rata-rata kekerasan 51,5 HRc dan laju keausan rata-rata 6,82%.
6. Fenomena *secondary hardening* terjadi pada temperatur temper $400^{\circ}C$ dengan nilai kekerasan optimum 55,6 HRc dan prosentase kehilangan berat 5,51%.

Daftar Pustaka

1. Tool Steel Fact, ESKYLOS 2344
2. Thyssen Edelstahlwerke AG. "*Hot Work Tool Steels*", Germany, 1978.
3. Charlie R, Brooks. "*Heat Treatment Of Ferrous Alloys*", McGraw-Hill, England, 1979.
4. Thelning, K.E. "*Steel and Its Heat Treatment*", 2nd edition, Butterworth & Co, Great Brittain, 1984.
5. Krauss, G. "*Steel Heat Treatment and Processing Principles*", ASM Internasional, 1990.
6. ASM Hand Book Volume 9. "*Metallography and Micro Structures*" American Society for Metals, 1991.
7. Clark Varney second edition "*Physical Metalurgi for Engineers*" 1961
8. Prof Ir Tata Surdia MS. Met. E dan Prof DR. Shinroku Saito "*Pengetahuan Bahan Teknik*" 1984.
9. Robert Wilson "*Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steel*" 1975
10. R. W. K. Honeycombe, "*Steels Microstructur and Properties* ", Goldsmiths' Professor of Metallurgy University of Cambrige, Edward Arnold.
11. Rochim Suratman. "*Panduan Proses Perlakuan Panas*", ITB, Bandung, 1994.