

Karakteristik kekerasan material dibawah permukaan akibat pemanasan-awal substrate dalam proses *thermal coating*

Mustika¹⁾, I Made Widiyarta^{1,2)*}, I Made Parwata^{1,2)}, I Putu Lokantara²⁾

¹⁾Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Udayana, Jl P.B. Sudirman Denpasar Bali

²⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Dalam proses flame spray coating, pemanasan awal terhadap material inti sangat diperlukan untuk mengurangi tegangan sisa dan menyatunya material pelapis pada permukaan substrate material menjadi lebih baik. Suhu pemanasan awal tersebut tentunya akan mempengaruhi sifat kekerasan substrate material hingga kedalaman tertentu. Pada penelitian ini, pelapisan panas (flame powder spray coating) dilakukan pada baja karbon sedang dengan material pelapis NiW. Pemanasan awal dilakukan pada permukaan substrate material dengan suhu yang bervariasi (300°C, 400°C dan 500°C).

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ada pengaruh antara variasi preheating dengan kekerasan material pelapis Ni-W hasil dari powder flame spray coating. Semakin ke dalam kekerasannya semakin berkurang hingga mencapai kekerasan material inti yang seragam. Material substrate mengalami sedikit pengerasan hingga jarak 0.5 mm dari boundary.

Kata kunci: baja karbon, NiW, pelapisan, kekerasan

Abstract

In the process of the flame spray coating, pre-heating of the substrate is required in order to reduce residual stress and to improve the adhesion of the coating material on the substrate. The pre-heating temperature also has an effect on the hardness of substrate material into a certain depth. In this study, flame powder spray coating was performed on the medium carbon steel with the coating material NiW. Pre-heating on the substrate material was varied of about 300°C, 400°C and 500°C.

From the experiments, the variation of pre-heating was not affect the hardness of coating material NiW. The increase of depth form the surface, the hardness of the material decrease until the hardness of the material is uniform. The hardness of the substrate material was change into depth of about 0.5 mm from boundary layer.

Key words: carbon steel, Ni-W, coating, hardness

1. PENDAHULUAN

Kegagalan material sangat dihindari dalam merancang suatu komponen di mana efek yang timbul adalah ketidakpresisian ukuran yang menyebabkan fungsi komponen tidak berjalan dengan baik. Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik [1]. Hal ini timbul akibat pelumasan yang tidak bagus atau komponen yang dipakai memiliki tingkat kekerasan yang rendah sehingga jika diberikan gesekan terus menerus maka struktur terluar dari komponen yang bergesekan mengalami abrasi/pengikisan.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka berbagai macam metode untuk meningkatkan kekerasan dilakukan. Gesekan dan benturan terjadi antar komponen saat dioperasikan yang menyebabkan adanya gaya hentak/*impact force* dari permukaan benda menuju bagian inti. Jika komponen dikeraskan secara keseluruhan, gaya *impact* yang terjadi akan menyebabkan

* Koresponding: m.widiyarta@unud.ac.id

komponen pecah karena karakteristiknya yang *rigid* dan getas. Berlandaskan padahal tersebut, maka pengerasan (*hardening*) dilakukan hanya pada bagian permukaan dari komponen yang mengalami kontak gesekan.

Berbagai macam metode pengerasan permukaan dilakukan di mana teknologi pelapisan telah menjadi alternatif pada penelitian dan industri yang merupakan cara efektif dalam menahan degradasi seperti keausan, oksidasi, korosi atau kerusakan pada suhu tinggi tanpa mengorbankan material substrat yang dilapisi nya [2]. *Thermal Spray Coating* adalah salah satu proses pelapisan di bidang industri yang terdiri dari sumber panas (api atau lainnya) dan bahan pelapis dalam bentuk bubuk atau kawat yang benar-benar mencair menjadi tetesan kecil dan disemprotkan kepermukaan dengan kecepatan tinggi.

Penelitian Arthana[3] menunjukkan bahwa silinder liner dari bahan besi tuang kelabu yang dilapisi menggunakan *powder* Ni-Cr dengan metode *powder flame spray coating* memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi tuang kelabu yang tidak dilapisi. Perbedaan ketebalan lapisan tidak berpengaruh terhadap kekerasan dan ketahanan aus hasil pelapisan dengan metode *powder flame spray coating*.

Penelitian Parwata[4] menunjukkan bahwa baja karbon sedang yang dilapisi dengan *powder* Ni-Cr menggunakan metode *powder flame spray coating* dengan sudut spray 90^o mendapatkan hasil coating yang merata di seluruh permukaan spesimen tanpa adanya rongga atau celah antara lapisan dengan material inti. Kekerasan yang dihasilkan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan material intinya.

Penelitian Widiyarta [5] menunjukkan hasil pelapisan pada jarak *spray* 20 mm terlihat merata tanpa adanya celah sedangkan untuk jarak *spray* 30 mm terlihat mulai memperlihatkan porosity di mana ada partikel yang tidak cair dan terdapat oksidasi antara lapisan *coating* dengan material inti.

Dalam penelitian ini, metode pelapisan yang digunakan adalah dengan *Powder Flame Spray Coating* dan focus pada penelitian ini adalah material pelapis yang digunakannya itu Nikel-Tungsten (Ni-W).

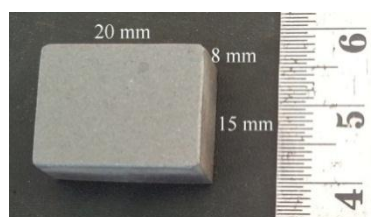
2. METODE ANALISIS / PERALATAN PENELITIAN

Sampel dibuat dari bahan baja karbon sedang dengan komposisi kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja karbon sedang [6].

Unsur	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
%wt	0.5012	0.342	0.0009	0.0098	0.7534	0.0071	0.0018	0.0015	0.0436
Unsur	W	Ti	Sn	Al	Pb	Ca	Zn	Fe	
%wt	0	0.006	0.0361	0.0204	0.0041	0.0021	0.0084	98.23	

Selanjutnya bahan dipotong menjadi ukuran 20 mm x 15 mm x 8 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dan ukuran spesimen

Untuk mendapatkan permukaan yang rata, dilakukan polishing sampel dengan melakukan grinding menggunakan mesin gerinda perata. Untuk mengurangi panas yang timbul akibat adanya gesekan dan perputaran alat tersebut, maka dialirkan air secara terus menerus. Kemudian dilanjutkan dengan pembersihan menggunakan amplas dimana sudut-sudut yang tajam dihilangkan. Setelah seluruh sudut dipastikan aman dilanjutkan dengan pembersihan menggunakan alkohol untuk membersihkan sampel dari debu, kotoran, minyak ataupun produk korosi yaitu dengan menggunakan tisu halus yang dicelupkan atau ditetesi alkohol kemudian secara perlahan dan halus digosokkan pada permukaan sampel hingga sampel bersih dari partikel asing. Setelah proses pembersihan sampel selesai, dilanjutkan dengan pengeringan sampel dengan menggunakan pengering.

Dilanjutkan dengan proses *grit blasting* dengan menggunakan *air sand blast* yang bertujuan untuk mengkasarkan permukaan sampel dan menghilangkan sisa kotoran melalui penumbukan partikel abrasif dengan disemprotkan dengan udara bertekanan. Material *grit blast* yang digunakan adalah *Aluminium Oksida* (Al_2O_3) dengan ukuran rata-rata adalah 0,6 mm. Untuk mengkondisikan sampel agar memiliki tingkat kekasaran yang sama, maka digunakan tekanan *grit blast* yang seragam yaitu 8 bar. Pengkasaran permukaan dilakukan pada jarak antara ujung nozzle dengan permukaan sampel adalah 60 mm dengan durasi penyemprotan adalah 60 detik. *Flow rate* dari *grit sand blasting* yang digunakan adalah 22 gram per detik. Sampel yang telah dikasarkan permukaannya selanjutnya dibersihkan menggunakan *ultrasonic bath* selama 480 detik menggunakan alkohol sebagai larutannya dan selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan pengering. Sampel yang sudah siap, kemudian dilakukan pemanasan awal (*preheating*) sampel dengan *flame spray torch* tanpa menggunakan serbuk pelapis. Pemanasan dilakukan hingga temperatur yang diinginkan tercapai ($300^{\circ}C$, $400^{\circ}C$, $500^{\circ}C$) kemudian dilanjutkan dengan pelapisan benda uji dengan serbuk Ni-W dengan mengarahkan ujung *gun* membentuk sudut $\pm 90^{\circ}$ dengan parameter sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter proses *Combustion Flame Spraying*

Spray Parameter	Satuan
Bahan bakar	Oksigen & Asittelin
Tekanan Oksigen	4 bar
Tekanan Asittelin	0,7 bar
Powder Feeder	± 49 g/min
Jarak Spray	100 mm
Torch Transverse Speed	± 90 mm/min

Proses pelapisan dilakukan sebanyak 2 pass untuk menghasilkan ketebalan lapisan yang diperlukan untuk pengujian kekerasan. Selanjutnya sampel diambil dengan menggunakan penjepit untuk dipindahkan ke tempat lain dan dibiarkan mendingin.

Spesimen yang telah dilapisi sebelum pengujian kekerasan dilakukan pemotongan spesimen kemudian dilakukan *mounting* agar didapatkan nilai kekerasan pada bidang *cross section*. Sebelum dilakukan uji kekerasan, dilakukan preparasi sampel yaitu polishing sampel dengan melakukan grinding menggunakan kertas amplas Silicon Carbon dengan grade 180, 320, 800 dan 1000. Untuk mengurangi panas yang timbul maka dialirkan air hal ini juga berfungsi untuk menghilangkan gram atau partikel abrasif yang telah terkikis oleh amplas. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal tanpa goresan, maka finishingnya dilakukan dengan menggosok spesimen menggunakan *diamond paste* ukuran 0,1 mikron. Pada proses ini, sampel dibuat sampai bebas goresan akibat proses grinding dan cacat lain sehingga

permukaan tampak seperti cermin lalu dicuci dengan air dan alkohol kemudian dilakukan pengujian kekerasan *Vickers* sesuai dengan standar ASTM E 384.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase hasil uji *X-Ray Fluorecense* (XRF) untuk *coating powder* Ni-W ditunjukkan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil uji XRF kandungan unsur kimia *coating powder*

Unsur	Ni	W	Cr	Fe	Zr	Si	P	Ca	Mn	Sc
%wt	55,62	22,7	13,5	3,59	2,3	1,7	0,4	0,26	0,18	0,04

Hasil difraksi sinar X yang menggunakan *X-Ray Fluoresence*(XRF) untuk material *powder coating* pada tabel 3 teridentifikasi unsur Ni, W, Cr dan sedikit unsur-unsur lain.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan uji kekerasan *Vickers* di mana pengujian dilakukan secara cross section sehingga karakteristik kekerasan di bawah permukaan lapisan Ni-W serta material substrat dapat diketahui. Diagonal hasil indentasi selanjutnya diukur dan dimasukkan ke dalam persamaan 1.

$$HVN = \frac{(2P \sin \theta)}{L^2} = 1,8544 \frac{P}{L^2} \quad (1)$$

Di mana P adalah beban indentasi (kg), L adalah rata-rata lebar diagonal (mm), θ adalah sudut antarsisi indenter (136°) dan HVN adalah *Hardness Vickers Number* (kg/mm^2).

Data hasil pengujian kekerasan yang telah diolah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji kekerasan masing-masing *preheating*

ITEM	300°C		400°C		500°C	
	KEDALAMAN (mm)	HARDNESS (HVN)	KEDALAMAN (mm)	HARDNESS (HVN)	KEDALAMAN (mm)	HARDNESS (HVN)
Lapisan	0.0526	880.00	0.0258	936.25	0.0598	819.99
	0.1526	788.18	0.1258	842.88	0.1598	701.75
	0.2526	369.86	0.2258	661.27	0.2598	393.97
BOUNDARY						
Material Substrat	0.3526	247.21	0.3258	282.58	0.3598	230.42
	0.4526	233.01	0.4258	229.40	0.4598	203.71
	0.5526	212.98	0.5258	211.85	0.5598	196.84
	0.6526	222.66	0.6258	216.68	0.6598	211.17
	0.7526	222.66	0.7258	212.76	0.7598	211.17
	0.8526	233.01	0.8258	220.72	0.8598	206.08
	0.9526	215.29	0.9258	207.61	0.9598	211.62
	1.0526	222.66	1.0258	215.98	1.0598	205.43
	1.1526	220.24	1.1258	219.28	1.1598	222.42
	1.2526	244.38	1.2258	210.27	1.2598	203.07

Tabel 4 memperlihatkan distribusi hasil uji kekerasan *Vickers* hasil pelapisan *thermal spray* di mana antara material pelapis dengan material *substrate* terdapat perbedaan kekerasan yang besar. Nilai kekerasan material pelapis Ni-W melebihi 900 HVN dan terus menurun secara signifikan hingga lapisan antarmuka. Pada jarak 0,5 mm dari lapisan antarmuka terjadi pengerasan yang tidak begitu besar di mana kekerasannya berada sedikit di atas material inti.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa material *powder coating* Ni-W dengan metode *powder flame spray coating* memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari

material inti yang tidak dilapisi. Karakteristik kekerasan material di bawah permukaan adalah menurun secara signifikan hingga lapisan antarmuka. Material inti mengalami sedikit pengerasan hingga akhirnya mencapai kekerasan yang seragam.

Daftar Pustaka

- [1] Rabinowicz, E., 1995, **Friction and Wear of Materials, 2nd Edition**, New York: John Wiley and Sons, INC.
- [2] Sundararajan, G., Prasad, K.U.M., Rao, D.S. & Joshi, S.V., 1998, **A Comparative Study of Tribological Behavior of Plasma and D-Gun Sprayed Coatings under Different Wear Models**, Journal of Materials Engineering and Performance (JMEPEG), pp. 343 – 351.
- [3] Arthana, I Wayan Gede, 2014, **Ketahanan Aus Lapisan Ni-Cr Pada Dinding Silinder Liner Dengan Menggunakan Powder Flame Spray Coating**, Tesis Program Studi Teknik Mesin Pascasarjana Universitas Udayana.
- [4] Parwata, I Made, 2016, **Karakteristik Lapisan Nikel Kromium Akibat Perbedaan Sudut Nosel pada Pelapisan Baja ST60**, Prosiding 7th IRWNS, pp. 184-188.
- [5] Widiyarta, I Made, 2016, **Karakteristik Lapisan NiCr Pada Baja Karbon Sedang dengan Metode Pelapisan Flame Spray Coating dengan Variasi Jarak Semprotan**, Jurnal METTEK Volume 2 No 1 (2016), pp. 1-4.
- [6] Sarjito, **Analisa kekuatan puntir, lentur putar dan kekerasan baja ST60 untuk poros propeller setelah diquencing**, ROTASI, Volume 11 Nomor 2 April 2009.



I Wayan Mustika menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 2014, kemudian melanjutkan program magister teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2015 dan masih dalam pendidikan hingga sekarang. Bidang penelitian yang diminati adalah material.