

**PENGARUH *POST-BRAZED HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO DAN KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN *CEMENTED CARBIDE*  
DAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN *FILLER* Ag-Cu-Zn**

**TESIS**

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister  
Program Studi Teknik Mesin**



Oleh

**Yoyok Winardi**

**S951602012**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2018**

**PENGARUH *POST-BRAZED HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO DAN KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN *CEMENTED CARBIDE*  
DAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN *FILLER Ag-Cu-Zn***

**TESIS**

**Oleh**  
**Yoyok Winardi**  
**S951602012**

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	<u>Dr. Triyono, S.T., M.T.</u> NIP. 197406251999031002		.....
Pembimbing II	<u>Dr. Nurul Muhayat, S.T., M.T.</u> NIP. 197003231998021001		24/3 2018 .....

**Telah dinyatakan memenuhi syarat  
pada tanggal 2018**

**Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin  
Fakultas Teknik UNS**



Dr. Triyono, S.T., M.T.  
NIP. 197406251999031002

**PENGARUH *POST-BRAZED HEAT TREATMENT* TERHADAP STRUKTUR  
MIKRO DAN KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN *CEMENTED CARBIDE*  
DAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN *FILLER AgCuZn***





**TESIS**

**Oleh**


**Yoyok Winardi**

**S951602012**

**Tim Penguji**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	<u>Dr. Eko Surojo, S.T., M.T.</u> NIP. 196904112000031006	
Sekretaris	Dr. Joko Triyono, S.T., M.T. NIP. 196906251997021001	
Anggota Penguji	1. <u>Dr. Triyono, S.T., M.T.</u> NIP. 197406251999031002  2. <u>Dr. Nurul Muhayat, S.T., M.T.</u> NIP. 197003231998021001	 

**Telah dipertahankan di depan penguji  
dan dinyatakan memenuhi syarat  
pada tanggal 2018**

Dekan Fakultas Teknik UNS  
  
Dr. Tech. Ir. Sholihin As'ad, M.T.  
NIP. 196710011997021001

Ketua Program Studi Teknik Mesin UNS  
  
Dr. Triyono, S.T., M.T.  
NIP. 197406251999031002

## PERNYATAAN ORISIONALITAS DAN PUBLIKASI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: “Pengaruh *post-brazed heat treatment* terhadap struktur mikro dan kekuatan mekanik sambungan *cemented carbide* dan baja karbon menggunakan *filler Ag-Cu-Zn*” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi, baik tesis beserta gelar magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim *promoter* sebagai *author* dan UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapat sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, Februari 2018

Mahasiswa



Yoyok Winardi  
S951602012

---

Yoyok Winardi/S951602012. 2018. **Pengaruh *Post-Brazed Heat Treatment* Terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanik Sambungan *Cemented Carbide* dan Baja Karbon Menggunakan *Filler AgCuZn***. TESIS. Pembimbing I: Dr. Triyono, S.T., M.T. Pembimbing 2: Dr. Nurul Muhayat, S.T., M.T. Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

### ABSTRAK

*Brazing* banyak digunakan untuk menyambung material logam berbeda jenis. Salah satunya adalah *cemented carbide* dan baja karbon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh *post-brazed heat treatment* terhadap struktur mikro dan kekuatan mekanik sambungan *cemented carbide* dan baja karbon menggunakan filler AgCuZn. Proses penyambungan dilakukan dengan *torch brazing*. Perlakuan panas dilakukan di tungku perlakuan panas masing-masing pada temperatur 700°C, 725°C, dan 750°C selama 30 menit. Strukturmikro benda uji diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy*. *Universal Testing Machine* digunakan untuk mengevaluasi kekuatan geser. Nilai kekerasan ditentukan dengan menggunakan *Microvickers Hardness Machine*. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa dengan perlakuan panas ukuran butir logam dasar meningkat. Struktur mikro daerah *brazing* terdiri dari fase larutan padat Cu, fase larutan padat Ag, dan fase eutektik AgCuZn. Ketika temperatur perlakuan berada di temperatur *liquidus* logam pengisi, fase larutan padat Cu banyak menempel di permukaan logam dasar. Sedangkan pada suhu tinggi luas daerah fase larutan padat Cu meningkat. Kekuatan geser sambungan meningkat dengan meningkatnya temperatur perlakuan, dan menurun ketika temperatur perlakuan berada di atas temperatur *liquidus* logam pengisi. Kekuatan geser tertinggi mencapai 214,14 MPa pada temperatur 725°C. Kekerasan daerah *brazing* bertambah ketika temperatur perlakuan ditingkatkan. Nilai kekerasan maksimum adalah 131,88 VHN pada 750°C.

Kata kunci: *post-brazed heat treatment*, *cemented carbide*, baja karbon, *filler AgCuZn*

---

---

Yoyok Winardi/S951602012. 2018. **Effect of Post-Brazed Heat Treatment on the Microstructure and Mechanical Properties of Cemented Carbide and Carbon Steel Joint Brazed Using AgCuZn Filler Metal.** THESIS: Principal Advisor: Dr. Triyono, S.T., M.T. Co-advisor: Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T.. Thesis: The Graduate Program in Mechanical Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta.

### **ABSTRACT**

*Brazing is widely used for joining dissimilar metal. One of them is cemented carbide and carbon steel. The objective of this research is investigating the effect of post-brazed heat treatment on the microstructure and mechanical properties of cemented carbide and carbon steel using AgCuZn filler metal. The brazing process was carried out using torch brazing. Heat treatment process was carried out in the heat treatment furnace on the temperature of 700°C, 725°C, and 750°C, and held for 30 minutes. Microstructure of test specimen is observed using Scanning Electron Microscopy. Universal Testing Machine is used for evaluating the shear strength. Hardness value is determined using micro Vickers Hardness Machine. The experimental result showed that by heat treatment the grain size of the base metal is increase. Microstructure of the brazing area is composed the Cu solid solution phase, Ag solid solution phase, and AgCuZn eutectic phase. When the treatment temperature in liquidus of the filler metal, the solid solutions phase of Cu are many attached to the surface of base metal, while on the high temperature, the wide area of the Cu solid solution phase is increased. The shear strength of the joints increases with increasing temperature, and decreases as the treatment temperature is above the liquidus temperature of the filler metal. The highest shear strength reaches 214,14 MPa at 725°C. The hardness value of the brazing area is increased as the treatment temperature increase. The maximum hardness is 131,88 VHN at 750°C.*

**Keywords:** *post-brazed heat treatment, cemented carbide, carbon steel, AgCuZn filler metal*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tujuan penulisan tesis ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai gelar magister teknik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menghaturkan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan tesis ini, khususnya kepada:

1. Ibu Sri Katun dan Bapak Suyono selaku orang tua penulis yang telah memberikan restunya selama kuliah, penelitian dan penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. Triyono, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS dan pembimbing I yang dengan sabar dan pengertian telah memberikan banyak bantuan dalam penelitian dan penulisan tesis ini.
3. Bapak Dr. Nurul Muhayat, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang memberikan bimbingan dengan baik dalam penelitian dan penulisan tesis ini.
4. Bapak Dr. Eko Surojo, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Joko Triyono, S.T., M.T. selaku dosen penguji dan pemberi arahan atas pelaksanaan tesis ini.
5. Dosen-dosen di lingkungan Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS yang telah membuka wacana keilmuan penulis.
6. Teman-teman dari Lab. Material Teknik yang telah memberikan motivasi dan dorongan moril serta spiritual baik secara langsung maupun tidak langsung.
7. Istri tercinta yang telah memberikan pengertian. Sebagai pengantin baru rela ditinggalkan untuk mengerjakan tesis ini.

Penulis menyadari, bahwa dalam tesis ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu bila ada saran, koreksi, dan kritik demi kesempurnaan tesis ini, akan penulis terima dengan ikhlas dan dengan ucapan terima kasih.

Surakarta, Februari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN PEMBIMBING TESIS .....	ii
PENGESAHAN PENGUJI TESIS .....	iii
PERNYATAAN ORISIONALITAS DAN PUBLIKASI TESIS .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II. LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Dasar Teori .....	8
2.2.1. Brazing.....	9
2.2.2. Logam dasar.....	12
2.2.3. Logam Pengisi.....	13
2.2.4. Difusi.....	15
2.2.4.1. Mekanisme Difusi .....	16
2.2.5. Perlakuan Panas (Heat Treatment).....	17
2.3. Dasar-dasar Pengujian .....	18
2.3.1. Uji Tekan Geser.....	18
2.3.2. Pengujian SEM-EDS .....	19



2.3.3. Pengujian Kekerasan Vickers .....	20
2.4. Kerangka Berpikir .....	21
2.5. Hipotesis .....	22
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2. Tatalaksana Penelitian .....	23
3.2.1. Material dan Peralatan Penelitian .....	23
3.2.2. Metode Penelitian .....	25
3.2.2.1. Proses Brazing .....	25
3.2.2.2. Proses Perlakuan Panas .....	27
3.2.2.3. Pengujian Spesimen .....	28
3.3. Diagram Alir penelitian .....	29
3.4. Analisa Data .....	30
<b>BAB IV. HASIL DAN ANALISA .....</b>	<b>33</b>
4.1. Struktur Mikro Logam Dasar Baja SS400 .....	33
4.2. Pengaruh Post-Brazed Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro Logam Dasar (SS400) .....	34
4.3. Pengaruh Post-Brazed Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro Sambungan Brazing .....	35
4.4. Pengaruh Post-Brazed Heat Treatment Terhadap Kekuatan Geser Sambungan .....	40
4.4.1. Foto Makro Permukaan Patah .....	41
4.5. Pengaruh Post-Brazed Heat Treatment Terhadap Kekerasan Daerah Brazing .....	44
<b>BAB V. PENUTUP .....</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan .....	47
5.2. Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1. Komposisi kimia baja karbon (SS400) .....	23
Tabel 3.2. Komposisi kimia tip karbide YG6.....	23
Tabel 3.3. Komposisi kimia logam pengisi .....	23
Tabel 3.4. Data jumlah spesimen uji .....	27
Tabel 4.1. Komposisi kimia hasil uji EDS .....	37



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pemasangan tip karbida pada pemegang .....	10
Gambar 2.2. Ilustrasi sambungan <i>brazing</i> .....	10
Gambar 2.3. Sudut kontak cairan logam pengisi .....	11
Gambar 2.4. Diagram fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	13
Gambar 2.5. Diagram fasa Ag-Cu .....	14
Gambar 2.6. Skema atom tembaga dan nikel sebelum perlakuan panas .....	16
Gambar 2.7. Skema atom tembaga dan nikel setelah perlakuan panas .....	16
Gambar 2.8. Skema mekanisme difusi .....	17
Gambar 2.9. Komponen dan skema mesin SEM .....	20
Gambar 2.10. <i>Vickers Hardness test</i> .....	21
Gambar 3.1. Skema sambungan <i>brazing</i> .....	25
Gambar 3.2. Jig/fixtur .....	26
Gambar 3.3. Sudut kontak ujung pembakar dan filler .....	27
Gambar 3.4. Ukuran spesimen uji .....	28
Gambar 3.5. Ilustrasi uji tekan geser .....	28
Gambar 3.1. Struktur mikro spesimen uji baja karbon (SS400) .....	33
Gambar 4.2. Struktur mikro logam dasar (SS400) setelah perlakuan panas ..	34
Gambar 4.3. Struktur mikro sambungan <i>brazing</i> .....	37
Gambar 4.4. Diagram kekuatan geser sambungan <i>brazing</i> .....	41
Gambar 4.5. Foto makro permukaan patah .....	42
Gambar 4.6. Distribusi nilai kekerasan daerah lapisan <i>brazing</i> .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel rekapitulasi hasil uji EDS

Lampiran 2. Titik poin uji EDS non perlakuan panas

Lampiran 3. Titik poin uji EDS temperatur 700°C

Lampiran 4. Titik poin uji EDS temperatur 725°C

Lampiran 5. Titik poin uji EDS temperatur 750°C

Lampiran 6. Tabel rekapitulasi hasil uji kekerasan

Lampiran 7. Grafik hasil uji tekan geser

