

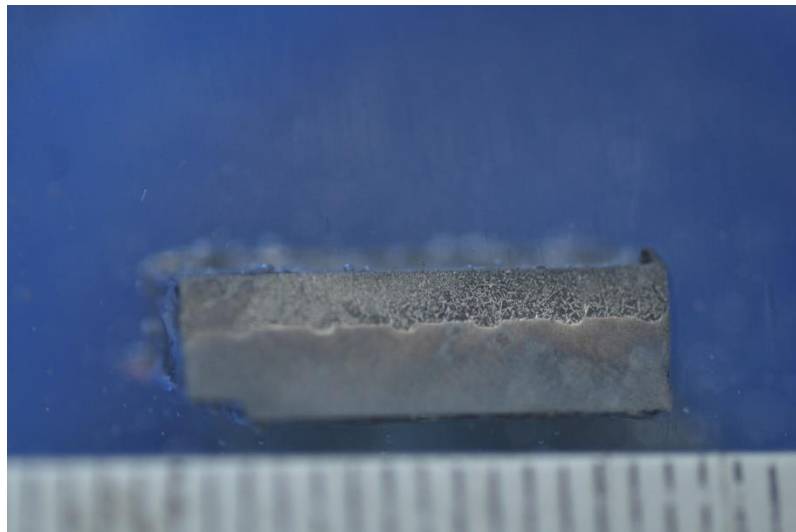
## BAB IV

### DATA DAN ANALISA

#### 4.1 Pengamatan Metalografi

##### 4.1.1 Pengamatan Struktur Makro

Pengujian ini untuk melihat secara keseluruhan objek yang akan dimetalografi, agar diketahui kondisi benda uji sebelum dilakukan pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik.



Gambar 4.1 Struktur Makro Bantalan Luncur

Pengamatan secara makro dilakukan untuk dapat mengetahui perkiraan proses produksi dari material uji, dimana untuk bantalan luncur ini terdapat dua jenis material yaitu logam putih/Babbitt dan baja sebagai kerangka dari bantalan luncur. Dilihat dari bentuk bantalan yang berbentuk silindris memungkinkan kerangka bantalan berbahan baja pelat yang kemudian dilakukan proses pemesinan dengan proses skrap atau milling karena terdapat alur pada baja yang kemudian di bentuk dengan pengerollan untuk mendapatkan hasil yang silindris. Sementara itu lapisan Babbitt dilapis dengan proses pengelasan karena terdapat alur pada kerangka baja. Alur tersebut dibuat untuk memperkuat pelapisan antara Babbitt dengan kerangka bantalan luncur.

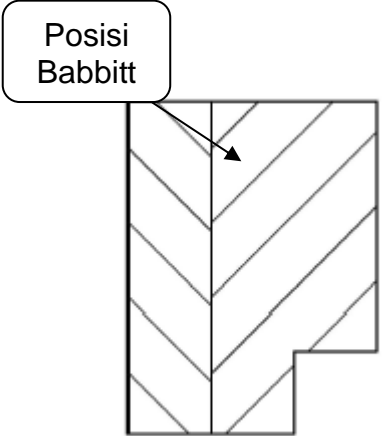
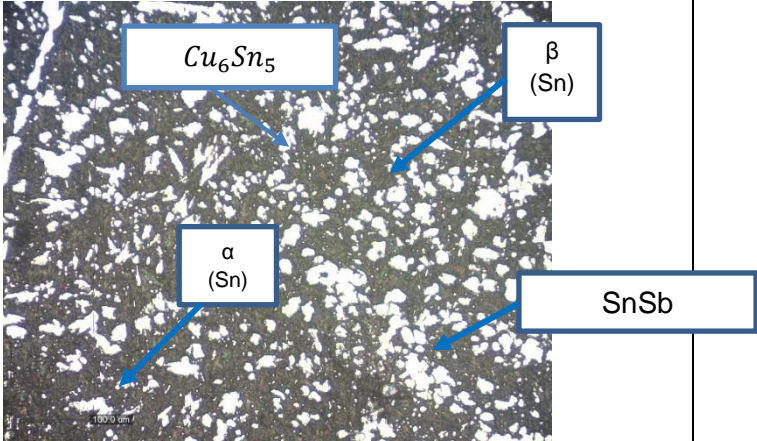
Terdapat beberapa cara dalam pelapisan Babbitt diantaranya adalah dengan proses pengecoran sentrifugal, proses metal spray, dan proses pengelasan. Pada dasarnya keseluruhan proses pelapisan tersebut adalah dengan mencairkan

logam Babbitt untuk kemudian di lapiskan pada kerangka. Proses pelapisan Babbitt sering disebut dengan proses *Babbitting*.

Sebelum proses *Babbitting* biasanya dilakukan proses *Tinning* dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi, meningkatkan sifat material dan memperhalus permukaan material. Terdapat beberapa metode untuk proses *Tinning* pada pelapisan Babbitt yaitu *electroplating* dan *hot dipping*. Metoda *electroplating* menggunakan larutan elektrolit sebagai media penghantar lapisan. Material substrat (yang dilapisi) sebagai katoda (+) dan material pelapis substrat berfungsi sebagai anoda (-). Arus searah (DC) dialirkan ke Anoda dan Katoda. Larutan elektrolit yang digunakan dapat berupa larutan asam, basa atau larutan garam. Arus listrik akan mengalir melalui larutan ini, sehingga ion – ion dari Anoda akan berpindah ke Katoda dan akan melapisi permukaan substrat. Sedangkan untuk metoda *Hot Dipping*, dilakukan dengan cara mencelupkan substrat kedalam larutan cair. Larutan cair ini akan berfungsi sebagai bahan pelapis terhadap substrat setelah substrat dicelupkan kedalam larutan. Metoda ini dapat dilakukan apabila substrat mempunyai titik lebur lebih tinggi dibanding titik lebur bahan pelapis. Biasanya proses *Tinning* dilakukan untuk proses *Babbitting* dengan cara pengecoran sentrifugal dan pengelasan. Sementara untuk metal spray tidak dilakukan proses *Tinning*, melainkan langsung memanaskan kerangka dari bantalan luncur.

Pada gambar di atas tidak terlihat adanya material Copper (Cu) di antara baja dan Babbitt, sehingga dapat dipastikan bahwa proses pelapisan *Babbitting* tidak dengan menggunakan proses *electroplating*. Selain itu, terlihat adanya alur pada baja yang memungkinkan proses pelapisan dengan cara pengelasan. Proses pengelasan yang biasa digunakan dalam *Babbitting* adalah dengan metoda TIG (*Tungsten Inert Gas*) dengan mencairkan *wire Babbitt*. Sementara alur yang dibuat pada kerangka adalah untuk memperkuat ikatan antara kerangka dengan Babbitt. Metoda pelapisan dengan menggunakan proses pengelasan membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan pengecoran sentrifugal ataupun metal spray, namun metoda pengelasan akan menghasilkan pelapisan yang lebih kuat, sehingga umur dari bantalan akan lebih panjang. Dan untuk proses bubut (*turning*) menjadi proses akhir pembuatan bantalan luncur ini. Terlihat dari bentuk bantalan luncur yang berbentuk silindris maka kemungkinan besar proses akhir pembuatan bantalan luncur adalah dengan proses bubut (*turning*).

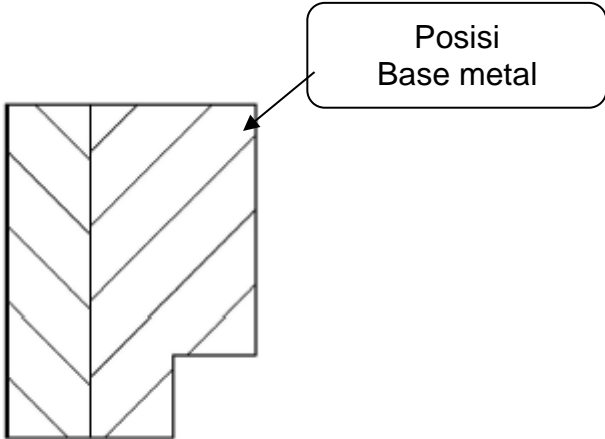
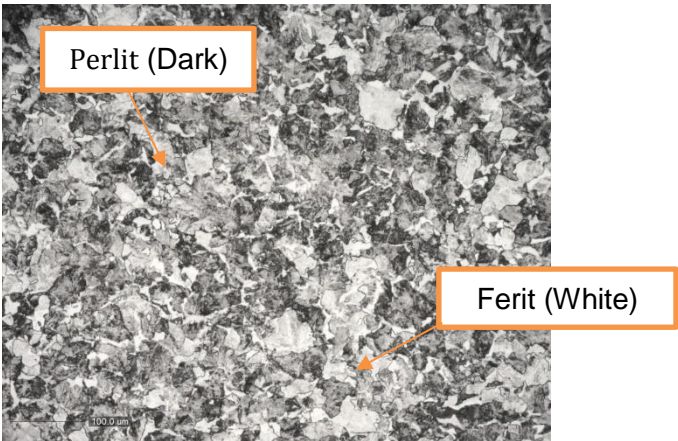
## 4.1.2 Pengamatan Struktur Mikro

SKEMATIS SPESIMEN UJI	
STRUKTUR MIKRO	 <p>Gambar 4. 2 Daerah Struktur Mikro <i>Babbitt</i> pada bantalan luncur (100 kali pembesaran) Etsa 90 ml Glycerin, 10 ml HNO<sub>3</sub>, dan 10 ml Acid Acetic</p>

Pemeriksaan secara mikro dilakukan pada bagian yang dipotong dan telah melalui tahap pemolesan hingga etsa dengan pembesaran seratus kali dari ukuran 100  $\mu\text{m}$ . Dari hasil tersebut terlihat adanya senyawa intermetalik  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  yang berbentuk jarum dan endapan partikel SnSb yang berbentuk bulat halus dan tersebar seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Pendinginan yang cepat dari proses pengelasan menghasilkan struktur yang lebih halus sehingga dapat meningkatkan kekuatan serta elongasinya. Senyawa intermetalik ini terbentuk akibat adanya unsur Cu, Sn, ataupun Sb yang berdifusi dan saling berikatan. Unsur Cu merupakan unsur yang paling baik

dalam bantalan luncur, karena tumbuhnya  $Cu_6Sn_5$  adalah akibat adanya unsur Cu yang berikatan dengan Sn. Hal ini dapat meningkatkan kekerasan dan sangat baik digunakan untuk aplikasi bantalan luncur.

Struktur mikro dari Babbitt ini mengandung fasa  $\beta$  dalam matriks  $\alpha$  serta unsur Sb yang sangat berpengaruh dalam proses pembentukan fasa kedua yaitu senyawa Intermetalik SnSb.

<b>SKEMATIS SPESIMEN UJI</b>	
<b>STRUKTUR MIKRO</b>	 <p style="text-align: center;">Gambar 4. 3 Daerah Struktur Mikro Baja paduan pada bantalan luncur (100 kali pembesaran) Etsa Nital 5%</p>

Pemeriksaan secara mikro dilakukan pada bagian yang dipotong dan telah melalui tahap pemolesan hingga etsa dengan pembesaran seratus kali dari  $100\ \mu\text{m}$ . Struktur mikro yang dimiliki oleh baja paduan sangat ditentukan

oleh kandungan karbon dan juga unsur paduannya. Terdapat beberapa pembagian kelompok dalam baja paduan yang dibedakan dengan nomor seri atau grade yang ditetapkan oleh SAE (*Society of Automotive Engineers*) dan AISI (*The American Iron Steel Intitute*). Terdapat 4 digit (XXXX) untuk klasifikasi baja yang ditetapkan oleh AISI dan SAE, dua digit pertama menggambarkan tipe material, yaitu elemen utama pada digit pertama dan *secondary element* pada digit kedua. Dua digit terakhir adalah kandungan elemen karbon yang dinyatakan dalam seperseratus persen. Sebagai contoh 1060, artinya 1 untuk baja karbon (*carbon steel*), 0 untuk menunjukkan *plain* (tidak ditambahkan sulfur dan phosphor) dan dua digit terakhir yaitu 60 adalah kandungan karbon sebesar 0,60%.

Berikut adalah tipe baja menurut standar SAE dan AISI :

Tabel 4.1 klasifikasi baja paduan menurut SAE /AISI

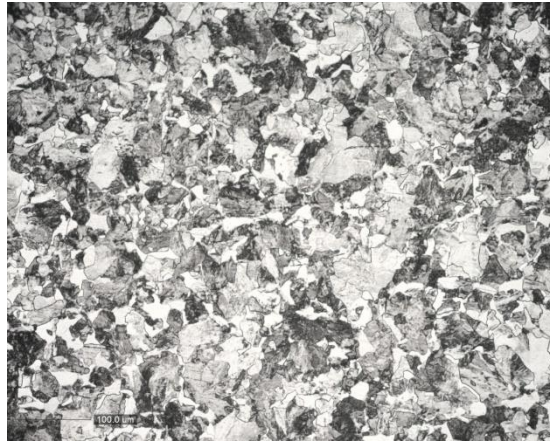
<b>AISI/SAE</b>	<b>TIPE</b>
1XXX	<i>Carbon steels</i>
2XXX	<i>Nickel steels</i>
3XXX	<i>Nickel-chromium steels</i>
4XXX	<i>Molybdenum steels</i>
5XXX	<i>Chromium steels</i>
6XXX	<i>Chromium-vanadium steels</i>
7XXX	<i>Tungsten steels</i>
8XXX	<i>Nickel-chromiun-vanadium steels</i>
9XXX	<i>Silicon-manganese steels</i>

Untuk baja karbon digit kedua, 0 menunjukkan *plain carbon*, 1 menunjukkan *resulfurized* (ditambahkan sulfur) dan 2 menunjukkan *resulfurized* dan *rephosphorized* (ditambahkan sulfur dan phosphor).

Tujuan dari penambahan unsur paduan adalah untuk meningkatkan sifat mekanik pada baja seperti kekerasan, keuletan, kekuatan tarik, dsb. Selain dari itu penambahan unsur paduan adalah untuk meningkatkan sifat mekanik pada temperatur kamar dan meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia.

Berikut adalah foto mikro specimen setelah dilakukan perlakuan panas :





(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Struktur mikro pembesaran 50x (a) *softening* dengan metoda *Annealing* (b) *softening* dengan metoda *Normalizing* (c) *hardening* dengan metoda *Quenching* dengan media pendingin air.

Dari gambar (a) terlihat tidak terjadi banyak perubahan, namun struktur menjadi lebih halus dan fasa – fasa menjadi lenih jelas terlihat. Tujuan dari

proses *Annealing* adalah untuk meningkatkan ketangguhan, memperhalus butir dan mempermudah proses pemesinan. Namun dalam pengujian ini, dilakukan proses anil untuk dapat mempermudah melakukan metalografi kuantitatif untuk dapat menghitung prakira kandungan karbon dalam baja paduan ini.

Dari gambar (b) terbentuk fasa *martensite* yang berbentuk panjang dan lancip dan juga karbida krom akibat sensitisasi atau pengendapan krom karbida sepanjang batas butir. Pertumbuhan karbida krom terjadi ketika baja paduan dipanaskan pada temperatur austenit yang menyebabkan terbentuknya karbida pada batas butir, sehingga terjadi penipisan kromium pada batas butir yang menyebabkan hilangnya kemampuan dalam menahan laju korosi.

Dalam gambar (c) terlihat jelas fasa *martensite* yang terbentuk akibat proses transformasi secara mekanik akibat adanya atom karbon yang terperangkap pada struktur Kristal pada saat terjadi transformasi polimorf dari FCC ke BCC. Struktur ini memiliki sifat getas dan keras.

Sementara itu untuk mengetahui presentase karbon pada baja stainless, menggunakan metoda metalografi kuantitatif.



Gambar 4.5 Metalografi kuantitatif pada kerangka bantalan luncur  
(*Annealing*)

- L1, Panjang fasa perlit = 28,5 mm
- L2, Panjang fasa perlit = 32,5 mm
- L3, Panjang fasa perlit = 40 mm
- L4, Panjang fasa perlit = 42 mm
- L5, Panjang fasa perlit = 38 mm
- L6, Panjang fasa perlit = 72 mm
- L7, Panjang fasa perlit = 67 mm
- L8, Panjang fasa perlit = 93,5 mm
- Panjang rata – rata = 51,687 mm
- Jumlah fasa perlit =  $\frac{51,687 \text{ mm}}{108 \text{ mm}} \times 100\% = 47,85 \%$
- Jumlah fasa ferit = 52,15 %
- $\%C = \frac{\%P}{100} (0,8 - 0,025) + 0,025 = \mathbf{0,395 \%C}$

Dari hasil perlakuan panas dengan cara pendinginan *annealing*, *normalizing* dan *quenching*, belum dapat dipastikan baja paduan tersebut tergolong pada seri yang pasti karena diperlukan pengujian komposisi kimia untuk dapat memastikan unsur paduan yang terkandung dalam baja paduan diatas.

#### 4.2 Pengujian Kekerasan

Untuk mengetahui harga kekerasan suatu material, merupakan tujuan dari adanya pengujian kekerasan. Pada pengujian ini, dipilih menggunakan metoda *Micro Vickers* dikarenakan ukuran dari sampel yang kecil yaitu 1 mm sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan Brinnel.

Pengujian ini dilakukan dibeberapa titik secara *random*. Pengujian kekerasan yang dilakukan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- ❖ Metode : *Mikro Hardness Vickers*
- ❖ Standard : ASTM E92
- ❖ Indentor : Piramida Intan
- ❖ Beban : 0.2 Kgf
- ❖ Lama penekanan : 10 detik
- ❖ Jarak penekanan : Random

Data hasil pengujian dapat dilihat dari table berikut ini :



Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan Babbitt dengan *Micro Vickers*

Spesimen	Titik Pengujian	VHN (kgf/mm <sup>2</sup> )	
Bantalan Luncur	1	26.55	
	2	24.25	
	3	23.75	
	4	24.5	
	Rata-rata	<b>24.76</b>	<b>25 HRB</b>

Pada hasil pengujian kekerasan secara acak di 4 titik dengan menggunakan mikro vikers ini didapat rata – rata 24,76 VHN. Hasil dari kekerasan ini dimungkinkan didapat dari unsur Cu yang berikatan dengan Sn sehingga menimbulkan senyawa intermetalik yang dapat meningkatkan nilai kekerasan dan juga akibat pendinginan logam Babbitt saat proses pelapisan yang menyebabkan halusnya butir – butir pada Babbitt yang juga dapat meningkatkan kekerasan pada logam Babbitt.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan Baja dengan *Micro Vickers*

Spesimen	Titik Pengujian	VHN (kgf/mm <sup>2</sup> )	
Bantalan Luncur	1	234	
	2	236	
	3	237	
	4	234	
	Rata-rata	<b>235.25</b>	<b>224 HRB</b>

Pada hasil pengujian kekerasan secara acak di 4 titik dengan menggunakan mikro vikers ini didapat rata – rata 235.25 VHN. Hasil ini sesuai dengan kekuatan perlit yaitu berkisar 200 – 250 VHN. Berbeda dengan baja karbon rendah yang fasanya didominasi oleh fasa ferit sehingga kekerasannya rendah namun memiliki keuletan yang tinggi. Dalam hal ini kekerasan rata – rata 235.25 VHN didominasi oleh fasa perlit sehingga keuletan dan mampu bentuk untuk baja karbon ini rendah. Dalam penggunaan

kerangka pada bantalan luncur, diharuskan memiliki kekuatan yang tinggi untuk dapat menopang rumah bantalan luncur sehingga tidak terjadi kerusakan pada lapisan bantalan luncur yang memiliki kekerasan sangat rendah.

### 4.3 Data Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi kimia atau sering dikenal dengan pengujian komposisi dilakukan dengan XRF atau X-Ray Fluorescence di laboratorium Kimia Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung. Jenis alat XRF ini adalah OXFORD XMETT 7500. Jenis ini adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk analisa logam ataupun timah secara kuantitatif maupun kualitatif yang didasarkan pada pemancaran atau emisi sinar X dengan panjang gelombang yang karakteristik untuk unsur yang dianalisa.

Data hasil pengujian komposisi *Babbitt* pada bantalan luncur dapat dilihat ditabel berikut ini:

Tabel 4.4 Pengujian Komposisi *Babbitt* pada bantalan luncur

Hasil Uji Komposisi Sampel		
NO	Unsur	Rata-Rata (%)
1	Sn, Tin	88,649
2	Sb, Antimon	7,298
3	Pb, Plumbun/Lead	0,028
4	Cu, Copper	3,905
5	Ni, Nickel	0,071

#### 4.3.1 Analisa Hasil Pengujian Komposisi

Dari hasil uji komposisi kimia dengan menggunakan XRF ini dapat diketahui unsur utama pada logam Babbitt ini adalah Sn – Sb dengan paduan unsur lain untuk meningkatkan nilai karakteristik logam Babbitt seperti halnya unsur Cu yang dapat membentuk senyawa intermetalik dengan unsur Sn, karena  $Cu_6Sn_5$  terjadi akibat unsur Cu yang berikatan dengan Sn. Hal ini dapat meningkatkan kekerasan dan sangat baik untuk aplikasi bantalan luncur. Selain daripada itu adanya unsur Ni dapat meningkatkan anti karat pada logam Babbitt.

Menurut standar ASTM B23, dilihat dari komposisi kimia logam Babbitt ini masuk pada grade 2. Dimana nilai titik luluhnya ( $\sigma_y$ ) 42 Mpa, batas elastisitas 23,1

Mpa, kekuatan maksimum ( $\sigma_u$ ) 102,7 Mpa dan kekerasan 24,5 BHN. Selain dari data tersebut, disebutkan bahwa untuk Babbitt grade 2, titik cair logam adalah 241 °C dengan temperatur pencairan sebenarnya adalah 354 °C dan temperatur untuk penuangan adalah 424 °C.

Dalam aplikasi dari ASTM B23 dengan grade 2, biasa digunakan untuk aplikasi bantalan dengan kecepatan putar yang tinggi (*High Speed*) dengan tekanan yang rendah (*Low Pressure*). Penggunaan tersebut ideal untuk perbaikan bagian – bagian pesawat yang menggunakan bahan Babbitt, perbaikan pada bagian – bagian mobil, dan sangat baik digunakan untuk *connecting rod*, *crank pins*, kompresor, mesin pemotong, pompa sentrifugal, dynamo, mesin bus dan diesel, lift, *steam cylinder* dan *steam pump*.

Tabel 4.4 ASTM Spesifikasi ASTM B23

CHEMICAL COMPOSITION (%)	TIN - BASE				LEAD - BASE			
	ALLOY NUMBER (GRADE)							
	1	2	3	11	7	8	13	15
TIN	90.0 to 92.0	88.0 to 90.0	83.0 to 85.0	86.0 to 89.0	9.3 to 10.7	4.5 to 5.5	5.5 to 6.5	0.8 to 1.2
ANTIMONY	4.0 to 5.0	7.0 to 8.0	7.5 to 8.5	6.0 to 7.7	14.0 to 16.0	14.0 to 16.0	9.5 to 10.5	14.5 to 17.5
LEAD	0.35	0.35	0.35	0.50	Remainder	Remainder	Remainder	Remainder
COPPER	4.0 to 5.0	3.0 to 4.0	7.5 to 8.5	5.0 to 6.5	0.50	0.50	0.50	0.6
IRON	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10
ARSENIC	0.10	0.10	0.10	0.10	0.30 to 0.60	0.30 to 0.60	0.25	0.8 to 1.4
BISMUTH	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10
ZINC	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ALUMINUM	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
CADMIUM	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL NAMED ELEMENTS, Min.	99.80	99.80	99.80	99.80				

Tabel 4.5 Composition and Physical properties of white metal bearing alloy

Alloy Number	Specified Nominal Composition Alloys, %					Specific Gravity	Composition of Alloys Tested, %				Yield Point, MPa	
	Tin	Antimony	Lead	Copper	Arsenic		Tin	Antimony	Lead	Copper	20 °C	100 °C
1	91.0	4.5		4.5		7.34	90.9	4.52	None	4.56	30.3	18.3
2	89.0	7.5		3.5		7.39	89.2	7.4	0.03	3.1	42.0	20.6
3	84.0	8.0		8.0		7.46	83.4	8.2	0.03	8.3	45.5	21.7
7	10.0	15.0	Remainder		0.45	9.73	10.0	14.5	53.0	0.11	24.5	11.0
8	5.0	15.0	Remainder		0.45	10.04	5.2	14.9	79.4	0.14	23.4	12.1
15	1.0	16.0	Remainder		1.0	10.05						

Alloy Number	Johnson's Apparent Elastic Limit, MPa		Ultimate Strength in Compression		Brinell Hardnes		Melting Point (°C)	Temperature of Complete Liquefaction (°C)	Proper Pouring Temperature (°C)
	20 °C	100 °C	20 °C	100 °C	20 °C	100 °C			
1	16.9	7.2	88.6	47.9	17.0	8.0	223	371	441
2	23.1	7.6	102.7	60.0	24.5	12.0	241	354	424
3	36.9	9.0	121.3	68.3	27.0	14.5	240	422	491
7	17.2	9.3	107.9	42.2	22.5	10.5	240	268	338
8	18.3	8.3	107.6	42.4	20.0	9.5	237	272	341
15					21.0	13.0	248	281	350