

12. Aluminium dan Paduannya

Aluminium adalah logam yang ringan dengan berat jenis 2.7 gram/cm^3 setelah **Magnesium** (1.7 gram/cm^3) dan **Berilium** (1.85 gram/cm^3) atau sekitar **1/3 dari berat jenis besi** maupun **tembaga**. Konduktifitas listriknya **60 % lebih dari tembaga** sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Selain itu juga memiliki sifat penghantar panas, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga digunakan pula pada komponen mesin, alat penukar panas, cermin pantul, komponen industri kimia dll.

Aluminium merupakan logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen membentuk lapisan aluminium oksida, alumina (Al_2O_3) dan membuatnya tahan korosi yang baik. Namun bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan akan menurunkan sifat tahan korosi karena kadar alumina menurun. Penambahan Mg, Mn tidak mempengaruhi sifat tahan korosinya.

Aluminium bersifat ulet, mudah dimesin dan dibentuk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar $4\sim 5 \text{ kgf/mm}^2$. Bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai $\pm 15 \text{ kgf/mm}^2$.

Karakteristik Aluminium:

Sifat-sifat	Aluminium murni tinggi
Struktur kristal	FCC
Densitas pada 20°C (sat. 10^3kg/m^3)	2.698
Titik cair ($^\circ\text{C}$)	660.1
Koefisien mulur panas kawat $20^\circ\sim 100^\circ\text{C}$ ($10^{-6}/\text{K}$)	23.9
Konduktifitas panas $20^\circ\sim 400^\circ\text{C}$ ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	238
Tahanan listrik 20°C ($10^{-8} \text{K}\Omega\cdot\text{m}$)	2.69
Modulus elastisitas (GPa)	70.5
Modulus kekakuan (GPa)	26.0

12.1 Macam-macam aluminium dan paduannya serta kode penamaan

Klasifikasi aluminium:

Al paduan untuk dimesin	Paduan jenis tidak dapat di perlakuan panas (non-heat-treatable)	Al murni (seri 1000) Paduan Al-Mn (seri 3000) Paduan Al-Si (seri 4000) Paduan Al-Mg (seri 5000)
	Paduan jenis dapat perlakuan panas (heat-treatable)	Paduan Al-Cu (seri 2000) Paduan Al-Mg-Si (seri 6000) Paduan Al-Zn (seri 7000)
Al paduan untuk coran	<i>Non-heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Si (Silumin) Paduan Al-Mg (Hydronarium)
	<i>Heat-treatable alloy</i>	Paduan Al-Cu (Lautal) Paduan Al-Si-Mg (Silumin, Lo-ex)

Beberapa macam paduan aluminium tempa/pengerjaan:

1. Paduan Al-Cu

- Paduan aluminium seri 2000, biasanya terkenal dengan sebutan duraluminium atau super duraluminium.
- Kandungan Si yang lebih banyak pada A2014 dibandingkan A2017 membuat A2014 dapat

ditingkatkan kekuatannya dengan melakukan perlakuan panas pendinginan cepat (*quenching*) lalu dipanaskan lagi di temperatur di bawah suhu rekristalisasi dan didinginkan dalam udara (*tempering*).

- ☑ Kandungan Cu dan Mg yang rendah pada A2117 membuat lebih tidak keras sehingga digunakan untuk bahan rivet.
- ☑ Kandungan Ni yang ditambahkan pada A2018 meningkatkan kekuatan tahan panasnya sehingga digunakan untuk komponen tahan panas dengan daerah panas penggunaan antara 200~250°C.

2. Paduan Al-Mn

- ☑ Merupakan paduan aluminium seri 3000.
- ☑ Penambahan Mn sekitar 1.2% pada A3003 meningkatkan kekuatan 10% dari pada aluminium murni dengan sifat tahan korosi dan sifat mampu mesin yang sama dengan aluminium murni.
- ☑ Digunakan untuk peralatan dapur, panel.

3. Paduan Al-Mg

- ☑ Merupakan paduan aluminium seri 5000
- ☑ A5005 yang memiliki Mg yang rendah digunakan untuk aksesoris.
- ☑ Sedangkan paduan yang memiliki Mg antara 2 ~ 5% digunakan untuk material konstruksi seperti A5052, A5056, A5083.
- ☑ Untuk meningkatkan kekuatan terhadap korosi tegangan (*stress-corrosion*), Mn dan Cr ditambahkan.

4. Paduan Al-Mg-Si

- ☑ Merupakan paduan aluminium seri 6000.
- ☑ Memiliki sifat tahan korosi dan kekuatan yang tinggi.
- ☑ Contoh: A6061 digunakan untuk material konstruksi dan A6063 untuk bingkai arsitektur

5. Paduan Al-Zn-Mg

- ☑ Merupakan paduan aluminium seri 7000.
- ☑ Contoh: A7075 memiliki kekuatan yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk material konstruksi pesawat terbang.

Beberapa macam paduan aluminium coran:

Dibandingkan dengan aluminium paduan memiliki unsur paduan yang lebih banyak dan memiliki butiran yang lebih kecil yang disebabkan oleh adanya penambahan Ti.

1. Paduan Al-Cu Tuang/Cor.

- ☑ Mengandung Cu 4~5% dengan sifat dimesin yang baik namun memiliki sifat cor yang kurang baik.
- ☑ Untuk komponen mobil, komponen hidrolis untuk pesawat terbang

2. Paduan Al-Si Tuang

- ☑ Mengandung Si 10~13% dan biasa disebut Silumin.
- ☑ Digunakan untuk penutup kotak
- ☑ Penambahan Si 17 ~25% meningkatkan kekuatan suhu tinggi dengan koefisien muai panas yang kecil, sehingga digunakan untuk silinder, piston dll.

3. Paduan Al-Cu-Ni-Mg Tuang

- ☑ Mengandung Ni 2%, Mg 1.5%.

- ☑ Memiliki kekuatan suhu tinggi yang baik, serta koefisien mulur panas yang kecil sehingga digunakan untuk silinder head, mesin disel, piston dan sejenisnya.
- ☆ Pengkodean aluminium umumnya berdasarkan standar AA (Aluminium Association of America) dengan menggunakan penamaan 4 angka.

Urutan ke-1	ke-2	ke-3	ke-4	ke-5	ke-6	ke-7
A	☒	☒	☒	☒	☒	☒
A	1	1	0	0	P	H-24

- ☑ Huruf pertama A adalah singkatan dari Aluminium
- ☑ Angka ke-2 : menunjukkan jenis paduannya seperti ditunjukkan di tabel berikut:

1 : Aluminium murni dengan kadar 99 % atau lebih	5 : Paduan Al-Mg
2 : Paduan Al-Cu-Mg	6 : Paduan Al-Mg-Si
3 : Paduan Al-Mn	7 : Paduan Al-Zn-Mg
4 : Paduan Al-Si	8 : Paduan selain yang disebutkan
	9 : untuk cadangan penamaan

- ☑ Angka ke-3 : menggunakan angka 0 ~ 9. 0 menunjukkan paduan dasar, sedangkan 1 ~ 9 menunjukkan perbaikan dari paduan.
- ☑ Angka ke-4 dan 5 menunjukkan kadar kemurnian aluminium untuk aluminium murni.
Contoh : A1100 memiliki unsur paduan total 1% dengan aluminium 99 %
A1050 memiliki unsure paduan 0.5% dengan aluminium 99.5%
- ☑ Angka ke-6 menunjukkan bentuk dari material
P : Plate (pelat), **W**: Wire (kawat), **T**: Tube (tabung), **B**: Bar (batang)
- ☑ Angka ke-7 menunjukkan macam perlakuan panas yang telah dilakukan seperti ditunjukkan di tabel berikut ini:

Kode	Arti	Kode	Arti
- F	Murni hasil produksi	-T2	Anil total (Full Annealing)
- O	Anil total (Full Annealing)	-T3	Solution heat-treated (didinginkan seketika dari temperature cair), lalu pengerjaan dingin, lalu dibiarkan pada suhu ruang (natural aging)
- H	Pengerasan pengerjaan (work hardening)	-T4	Solution heat-treated, lalu natural aging
-H1n	Pengerasan dengan pengerjaan	-T5	Didinginkan cepat dari pembentukan suhu tinggi, kemudian di "aging/penuaan" secara buatan.
-H2n	Pengerasan dengan pengerjaan lalu dianil sebagian	-T6	Solution heat-treated lalu penuaan buatan, artificial aging (di atas suhu ruang)
-H3n	Pengerasan pengerjaan kemudian dianil dengan stabil	-T7	Solution heat-treated lalu distabilisasi
n=2 (1/4 pengerasan), 4 (1/2 pengerasan), 6 (3/4 pengerasan), 8 (pengerasan dengan rasio pengerjaan 75%), 9 (pengerasan khusus)		-T8	Solution heat-treated, pengerasan pengerjaan, penuaan buatan
		-T9	Solution heat-treated, penuaan buatan, pengerasan pengerjaan
-T	Diperlakukan panas	-T10	Setelah pengerjaan/pembentukan pada suhu tinggi, didinginkan cepat, pengerasan dengan pengerjaan, penuaan buatan

Contoh Aluminium dan Paduannya (JIS H4000 ~ H4180)

Jenis	Kandungan kimia (% berat)									Sifat mekanis				Guna
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	dll.	Tr.	σ_B	$\sigma_{y0.2}$	El (%)	
1050	.25	.40	.05	.05	.05	.05	-	.03		O H18	75 160	30 145	39 7	Tangki, wadah, bahan arsitektur
1100	≤1.0		.13	.05	-	.10	-	-		O H18	90 165	35 150	35 5	Tangki, bahan arsitektur, pendingin
2024	.5	.5	4.4	.6	1.5	.25	.1	.15	Zr+Ti ≤0.2	O T4	185 470	75 325	20 20	Pesawat Terbang, Sepeda motor
3003	.6	.7	.13	2.2	-	.10	-	-		O H18	110 200	40 185	30 4	Peralatan sehari-hari, bahan arsitektur, wadah
5052	.25	.40	.10	.10	2.5	.10	.25	-		O H38	195 290	90 255	27 7	Kapal laut, gerbong, kereta roda, bahan arsitektur
6063	.4	.35	.10	.10	.67	.10	.10	.10		O T6	90 240	50 215	- 12	Bingkai jendela, bahan arsitektur
7075	.40	.5	1.6	.30	2.5	5.6	.20	-	Zr+Ti ≤0.25	O T6	230 570	105 505	17 11	Pesawat terbang, peralatan olah raga
7N01	.30	.35	.20	.45	1.5	4.3	.30	.20	Zr ≤.25 V ≤.10	T6	430	355	15	Gerbong kereta api, material konstruksi las
8090	.20	.30	1.22	.05	.97	.10	.05	.15	Zr =.12 Li =2.21	T8	540	490	5	Material konstruksi las

Keterangan:

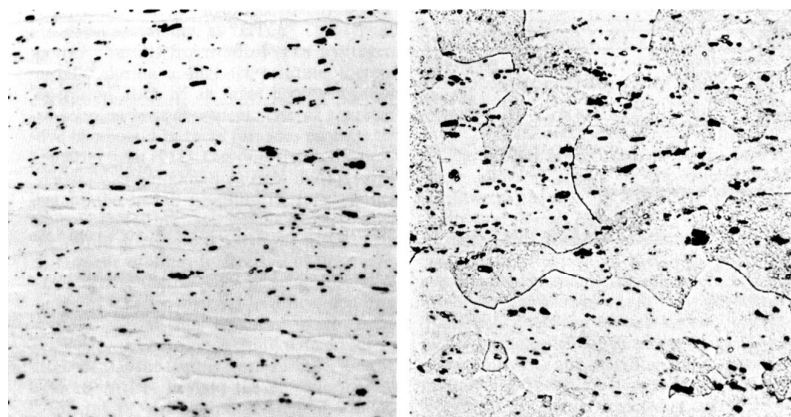
Tr.= Treatment

σ_B = kekuatan tarik (MPa)

$\sigma_{y0.2}$ = tegangan luluh metode offset 0.2% (MPa)

El(%)= perpanjangan=elongation (%)

☑ Contoh foto mikrostruktur aluminium dan paduannya

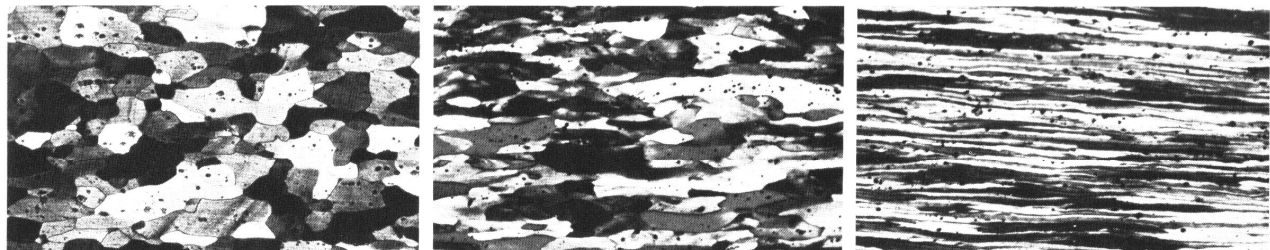


Gbr.7.1

Gbr.7.2

Gbr.12.1 Mikrostruktur Aluminium 1100-H18 dirol dingin. Partikel $FeAl_3$ berupa titik hitam. (500X)

Gbr.12.2 Mikrostruktur Aluminium 1100-O dirol dingin dan dianil. Butir mengalami rekristalisasi dengan butir-butir persegi. Partikel $FeAl_3$ berupa titik hitam.(500X)



Gbr.12.3

Gbr.12.4

Gbr.12.5

Aluminium paduan A5457-O setebal 10 mm dianil pada suhu 345°C (650°F)

Gbr.12.3 Mikrostruktur penampang A5457-O dirol dingin dengan reduksi atau rolling ratio =10%. (100X)

Gbr.12.4 Mikrostruktur penampang A5457-O dirol dingin dengan reduksi atau rolling ratio =40%. (100X)

Gbr.12.5 Mikrostruktur penampang A5457-O dirol dingin dengan reduksi atau rolling ratio =80%. (100X)

13. Tembaga dan Paduannya

Tembaga merupakan logam setelah baja yang banyak digunakan sejak dahulu kala karena memiliki kemampuan dimesin/dikerjakan yang baik, daya tahan korosi, konduktor listrik dan panas yang tinggi. Tembaga banyak digunakan sebagai material penghantar listrik/kawat listrik. Tembaga memiliki daya tahan korosi yang baik di dalam air, dalam tanah maupun dalam air laut, hal ini disebabkan adanya lapisan oksida yang melapisi permukaannya.

Tembaga memiliki kekuatan tarik menengah dan dapat ditingkatkan dengan memadu seng atau timah menjadi *brass*(kuningan) dan *bronze*(perunggu).

Karakteristik Tembaga:

Sifat-sifat	Tembaga murni
Struktur kristal	FCC
Densitas pada 20°C (sat. 10 ³ kg/m ³)	8.93
Titik cair (°C)	1083
Koefisien mulur panas kawat 20°~100°C (10 ⁻⁶ /K)	17.1
Konduktifitas panas 20°~400°C (W/(m·K))	393
Tahanan listrik 20°C (10 ⁻⁸ KΩ·m)	1.673
Modulus elastisitas (GPa)	128
Modulus kekakuan (GPa)	46.8

13.1 Macam-macam Tembaga dan paduannya serta kode penamaan

☑ Tembaga dapat dibagi menjadi beberapa macam:

a. Tembaga murni (Unalloyed copper)

- ✓ Tembaga murni atau tembaga tak berpaduan merupakan suatu material teknik yang penting karena memiliki konduktifitas listrik yang tinggi, sehingga banyak digunakan di industri listrik.
- ✓ Tembaga Electrolytic tough-pitch (ETP) adalah tembaga yang tidak terlalu mahal dan digunakan untuk memproduksi kawat, batang, plat dan plat tipis. Tembaga ETP adalah tembaga yang telah dimurnikan kandungan besi sulfidanya dalam dapur pemurnian.
- ✓ Tembaga ETP mengandung oksigen sekitar 0.04% dalam bentuk Cu₂O saat dicor. Oksigen bukan merupakan ketidakh murnian yang penting namun bila dipanaskan di atas 400°C dalam atmosfer hydrogen maka hydrogen akan menyusup ke tembaga bereaksi membentuk tembaga dan uap air.



Uap air ini terjebak dan membentuk lubang-lubang dalam terutama dalam batas butir yang mana membuat tembaga getas. Fenomena penggetasan yang disebabkan oleh hydrogen ini yang disebut *Hydrogen Embrittlement*.

Untuk menghindari *hydrogen embrittlement* yang disebabkan Cu₂O, oksigen dapat direaksikan dengan fospor untuk membentuk phosphor pentoksida (P₂O₅) yang tidak membuat tembaga getas.

b. Brass (Tembaga paduan seng) kuningan

- ✓ Brass mengandung tembaga yang dipadu dengan seng antara 5 ~ 40%.
- ✓ Penambahan timbal (Pb) antara 0.5 ~ 3% dapat memperbaiki kemampuan dimesin.
- ✓ Kekuatan tarik tembaga yang telah dianil antara 234 ~374 MPa dan dapat ditingkatkan kekuatannya dengan cara pengerjaan dingin semacam pengerolan dingin.

b.1 Macam-macam Brass:

1. Paduan Cu - (5~20%) Zn, untuk material arsitektur, aksesoris baju, peralatan rumah tangga
2. Paduan Cu - (25~35%) Zn, disebut juga kuningan 7/3 dengan sifat mudah dimesin dengan kekuatan yang memadai sehingga tepat digunakan untuk komponen-komponen yang rumit.
3. Paduan Cu – (35~45%) Zn, disebut juga kuningan 6/4. Berharga lebih murah dan banyak dikerjakan panas, dengan kekuatan yang tinggi. Banyak digunakan untuk pengerjaan plat dan untuk peralatan mesin.
4. Paduan Cu–Zn–Sn (*Naval Brass*, kuningan perkapalan) yang mana kuningan 6/4 ditambahkan timah 0.5 ~ 1.5%. Namun bila kuningan 7/3 ditambah timah sekitar 1% disebut Admiral Brass, kuningan laksamana. Memiliki ketahanan korosi air laut yang tinggi. Banyak digunakan untuk kondenser air, komponen kapal laut.
5. Kuningan kekuatan tinggi (Cu-Zn-Mn), merupakan kuningan 6/4 yang dipadu dengan mangan 0.3 ~ 3% dan Al, Fe, Ni dan Sn di bawah 1% untuk meningkatkan kekuatan dan memperbaiki daya tahan korosi. Mn dan Fe melembutkan butiran logam sehingga kekuatan meningkat. Al dan Sn meningkatkan daya tahan korosi dan daya tahan aus. Nikel juga menaikkan kekuatan dan daya tahan aus.

c. Bronze (Tembaga paduan timah) perunggu

Bronze / perunggu merupakan paduan tembaga yang kuat, keras dan memiliki daya tahan korosi yang tinggi.

- Merupakan paduan antara tembaga dan timah sekitar 1 ~ 10%.
- Memiliki kekuatan lebih tinggi daripada brass terutama pada kondisi setelah dikerjakan dingin dan sifat tahan korosi.
- Membutuhkan biaya proses yang lebih mahal daripada brass
- Penambahan timah hingga 16% ada paduan coran untuk bantalan kekuatan tinggi dan roda gigi.
- Penambahan timbal (5 ~ 10%) untuk meningkatkan daya tahan aus pada permukaan bantalan.

d. Paduan Tembaga Berilium

- Mengandung berilium (Be) antara 0.6 ~ 2% dengan penambahan kobalt 0.2 hingga 2.5%.
- Memiliki kemampuan diperlakukan panas, dikerjakan dingin hingga memiliki kekuatan tarik sekitar 1463 MPa (tertinggi untuk jenis paduan tembaga)
- Banyak digunakan untuk peralatan yang membutuhkan kekerasan yang tinggi dan tidak menimbulkan bunga api untuk industri kimia.
- Memiliki daya tahan korosi, sifat tahan lelah dan kekuatan yang sangat baik sehingga digunakan untuk pegas, roda gigi, diafragma, katup.
- Kelemahannya pada harga yang mahal.

❖Klasifikasi tembaga paduan

Pengklasifikasian di US berdasarkan sistem klasifikasi oleh *Copper Development Association* (CDA). C10100 hingga C79900 untuk tembaga paduan tempa sedangkan C80000 hingga C99900 untuk tembaga paduan cor. Untuk klasifikasi berdasarkan JIS hanya menggunakan 4 angka di belakang C dengan definisi yang hampir sama seperti contoh C1100 sama dengan C11000.

Klasifikasi Tembaga Paduan (Copper Development Association System)

Tembaga Paduan	
C1XXXX	Tembaga dengan kandungan lebih dari 99.3%
C2XXXX	Tembaga paduan seng (brass, kuningan)
C3XXXX	Tembaga paduan seng dan timbal (lead brass, kuningan bertembaga)
C4XXXX	Tembaga paduan seng dan timah (tin brass, kuningan bertimah)
C5XXXX	Tembaga paduan timah
C6XXXX	Tembaga paduan aluminium (aluminum bronze), tembaga paduan silikon (silicon bronze) dan bermacam-macam tembaga paduan seng
C7XXXX	Tembaga paduan nikel dan tembaga paduan nikel dan seng
Tembaga Paduan Tuang (cor)	
C8XXXX	Tembaga tuang, tembaga murni cor, berbagai tipe kuningan cor, tembaga paduan mangan cor, dan tembaga paduan seng silikon cor.
C9XXXX	Tembaga paduan timah coran, tembaga paduan timah dan timbale, tembaga paduan timah dan nikel, tembaga paduan aluminium dan besi, tembaga paduan nikel dan besi, tembaga paduan nikel dan seng.

Contoh Tembaga dan Paduannya (JIS H3100 ~ H3510)

Jenis	Kandungan kimia (% berat)									Sifat mekanis				Guna
	Cu	Pb	Fe	Sn	Zn	Al	Mn	Ni	P	Tr.	σ_B	$\sigma_{y0.2}$	El (%)	
1100	≥ 99.98	-	-	-	-	-	-	-	-	O H	≥ 196 ≥ 275	-	≥ 35 ≤ 2	Kawat listrik, peralatan industri kimia
1020	≥ 99.96	-	-	-	-	-	-	-	-	O H	≥ 196 ≥ 275	-	≥ 35 -	Kawat listrik, peralatan industri kimia
2600 Brass	68.5~ 71.5	$\leq .07$	$\leq .05$	-	sis	-	-	-	-	O H	≥ 275 412~ 539	-	≥ 40 ≤ 2	Radiator, casing, longsong
2801	59.0~ 62.0	$\leq .10$	$\leq .07$	-	sis	-	-	-	-	O H	≥ 324 ≥ 471	-	≥ 35 ≤ 2	Aksesori jaringan listrik
3560	61.0~ 64.0	2.0 ~ 3.0	$\leq .10$	-	sis	-	-	-	-	1/4H H	343~ 431 ≥ 422	-	≥ 18 -	Komponen jam, roda gigi
5101 Bronze	-	-	-	3.0 ~ 5.5	-	-	-	-	-	H	≥ 451	-	≥ 10	Roda gigi, cam, baut, pegas
6161	83.0~ 90.0	-	2.0 ~ 4.0	-	-	7.0 ~ 10.	0.50 ~ 2.0	0.5 ~ 2.0	-	O H	≥ 490 ≥ 686	-	≥ 35 ≥ 10	Peralatan penghantar panas, kapal laut
7060	-	$\leq .05$	1.0 ~ 1.8	-	≤ 1.0	-	0.20 ~ 1.0	9.0 ~ 11.0	-	F	≥ 275	-	≥ 30	Peralatan penghantar panas
1720	-	-	-	-	-	-	-	Ni+ Co $\geq .20$	Be 1.8 ~ 2.0	O H	412~ 539 686~ 834	-	≥ 35 ≤ 2	Pegas, Roda gigi jam/arloji

Keterangan:

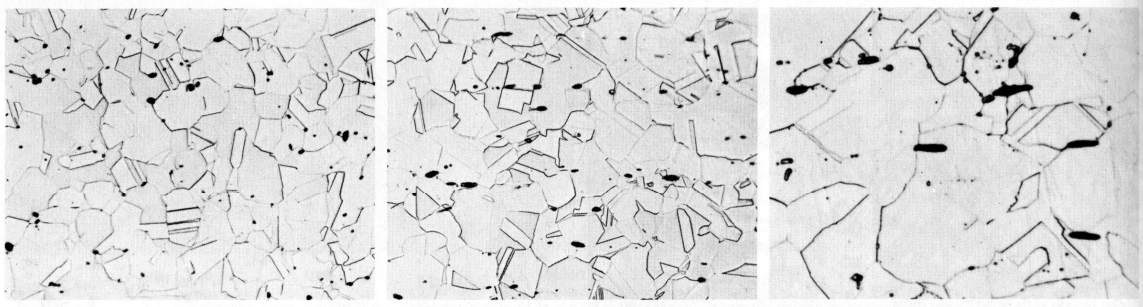
Tr.= Treatment

σ_B = kekuatan tarik (MPa)

$\sigma_{y0.2}$ = tegangan luluh metode offset 0.2% (MPa)

El(%)= perpanjangan=elongation (%)

Contoh gambar Mikrostruktur Tembaga dan Paduannya:



Gbr.13.1

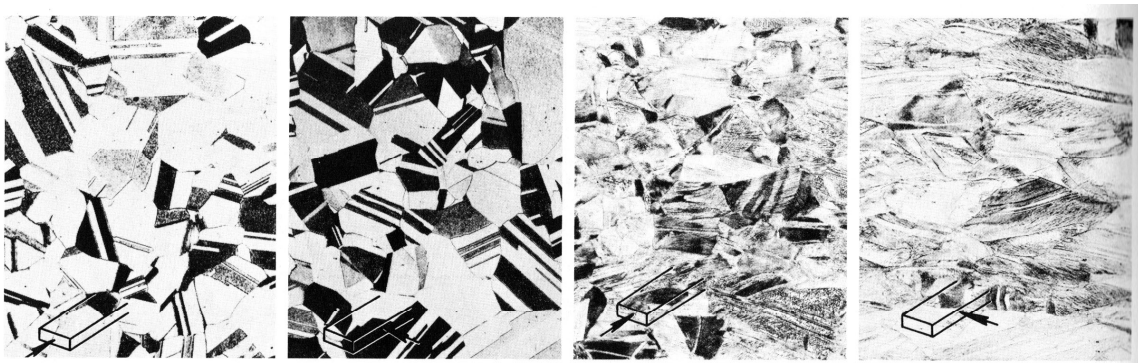
Gbr.13.2

Gbr.13.3

Gbr.13.1 Mikrostruktur Penampang Melintang dari Batang Tembaga 11000 dirol panas dengan butiran persegi dan partikel Cu_2O berupa titik hitam. (250X)

Gbr.13.2 Mikrostruktur Penampang Memanjang dari Batang Tembaga 11000 dirol panas dengan butiran persegi dan partikel Cu_2O yang sedikit memanjang berupa titik hitam.(250X)

Gbr.13.3 Mikrostruktur Penampang Memanjang dari Batang Tembaga 11000 diekstrusi panas dengan butiran persegi dan partikel Cu_2O yang tersebar berupa titik hitam.(400X)



Gbr.13.4

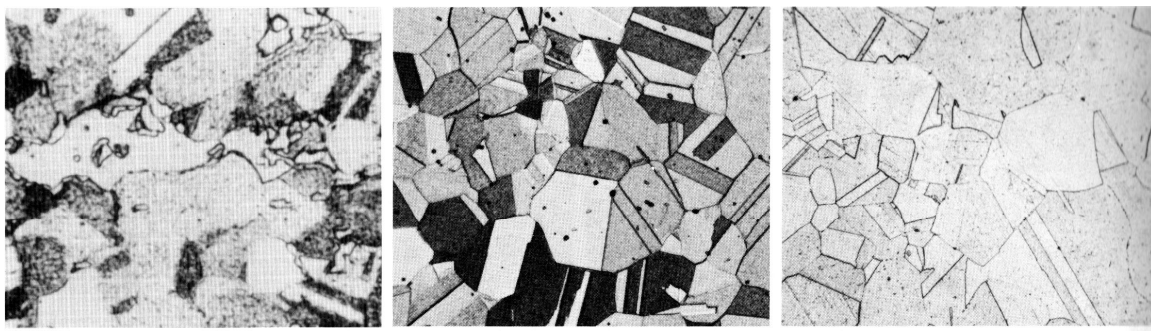
Gbr.13.5

Gbr.13.6

Gbr.13.7

Gbr.13.4 dan 13.5 Mikrostruktur Penampang Melintang dan Memanjang dari Tembaga Paduan Brass 26000 dirol panas hingga ketebalan 10 mm lalu dianil hingga butirannya 15 mikron lalu dirol dingin hingga 6 mm (reduksi 40%), kemudian dipanaskan hingga butirannya 120 mikron. (Perbesaran 75X)

Gbr.13.6 dan 13.7 Mikrostruktur Penampang Melintang dan Memanjang dari Tembaga Paduan Brass 26000 dirol panas hingga ketebalan 10 mm lalu dianil hingga butirannya 15 mikron lalu dirol dingin hingga 6 mm (reduksi 40%), kemudian dipanaskan hingga butirannya 120 mikron, lalu dirol dingin dari tebal 6mm hingga 4 mm. Setelah itu dipanaskan di bawah suhu rekristalisasi dan diamkan dalam udara. Kekuatan tarik 524 MPa (Perbesaran 75X)



Gbr.13.8

Gbr.13.9

Gbr.13.10

Gbr.13.8 Mikrostruktur Batang Tembaga Paduan Bronze Mangan C67500 yang telah diekstrusi (Perbesaran 875X)

Gbr.13.9 Mikrostruktur Batang Tembaga Paduan Bronze Pospor C51000 yang telah diekstrusi, ditarik dingin dan dianil 30 menit pada 565°C . (Perbesaran 500X)

Gbr.13.10 Mikrostruktur Batang Tembaga Paduan Bronze Silikon-Pospor C64700 yang telah dituakan dua jam pada 480°C . Butiran alfa tidak bersih karena adanya resapan nikel dan silikon (Perbesaran 200X)