

ORIENTASI KRISTAL TUNGGAL PADUAN ALUMINIUM 6061

Harsono Wirjosumarto

Bagian Mesin

Departemen Mesin & Elektro

ICHTISAR

Kawat-kawat kristal tunggal dari paduan Aluminium 6061 yang dihasilkan dengan tjara "strain-anneal", mempunyai orientasi kristal yang hampir sama dengan orientasi pengerdjaan dingin dari logam tersebut pada waktu pembuatan kawat.

ABSTRACT

Single crystal wires of 6061 Aluminium alloy, which are produced by "strain-anneal" method, nearly have the same orientation as the cold-work orientation of the wire.

1. PENGANTAR

Didalam tulisan ini yang dimaksud dengan orientasi kristal dari suatu kristal tunggal, ialah arah dari sumbu kristal tersebut relatif terhadap bidang kristal tertentu yang diberi indeks menurut sistim Miller.

Orientasi kristal dari suatu logam mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat logam tersebut. Pengaruh-pengaruh ini dapat dilihat didalam beberapa hal dibawah ini :

(a) Pengaruh terhadap sifat fisika

Elektron-elektron logam akan lebih bebas bergerak apabila logam tersebut mempunyai orientasi kristal yang tertentu.

(b) Pengaruh terhadap sifat teknologi

Pada proses "deep drawing", "earing", jaitu bentuk yang menjerupai kuping yang disebabkan karena deformasi yang tidak sama, akan terdjadi apabila pelat-pelat logam yang dipakai sebagai bahan dasar mempunyai orientasi yang tertentu.

(c) Pengaruh terhadap sifat mekanika

Pada logam-logam yang mempunyai orientasi kristal yang tertentu, kekuatannya akan berubah dengan berubahnya orientasi.

Didalam artikel ini penulis mendjelaskan hasil-hasil penjelidikannya yang dilakukan diluar negeri tentang kristal tunggal dari paduan aluminium 6061 yang dihasilkan dengan tjara "strain-anneal". Didalam penjelidikan tersebut penulis mempergunakan sinar-X sebagai alat utama dalam penentuan orientasi kristal tunggal.

2. BAHAN DAN ALAT-ALAT

a. Bahan-bahan :

Bahan yang dipergunakan ialah kawat-kawat kristal tunggal dengan diameter 2 mm. dari paduan aluminium 6061 yang dihasilkan dengan tjara "strain-anneal". Tjara penumbuhan kristal tunggal sematjam ini telah diuraikan. ²⁾ Komposisi kimia dari paduan aluminium tersebut diatas adalah sebagai berikut :

Mg	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti	Al
0,90%	0,57%	0,46%	0,26%	0,24%	0,06%	0,02%	sis.

b. Alat-alat

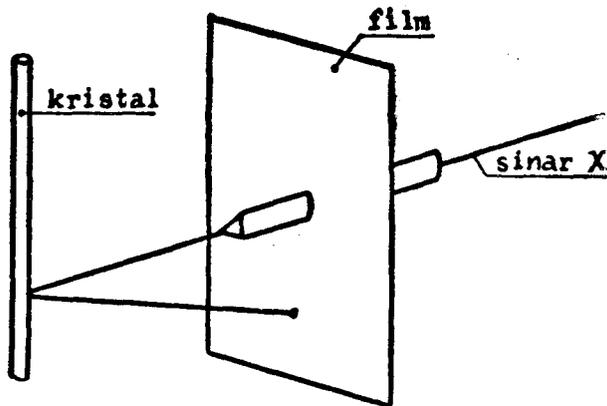
Alat yang terpenting ialah unit difraksi sinar-X dengan sasaran wolfram yang berkekuatan 50 KVA. Selain alat ini diperlukan pula kamar gelap yang lengkap dengan fasilitas untuk menjutji film hasil pemotretan dengan sinar-X tersebut.

3. TJARA MELAKUKAN PENJELIDIKAN

Hal-hal yang dilakukan didalam penjelidikan ini dapat dibagi dalam tiga bagian, jaitu : (a) pembuatan kristal tunggal, (b) pemotretan dengan sinar-X, dan (c) penentuan orientasi. Pengerdjaan setjara terperintji dari tiap-tiap bagian diterangkan berturut-turut dibawah ini :

(a) Pembuatan kristal tunggal ²⁾

Perlu ditjatat bahwa untuk paduan aluminium ini harus dipergunakan deformasi kritik sebesar 3,7% dan suhu pemanasan 550°C.



Gambar no. 1. Bagan pemotretan dengan sistim "Laue's Back Reflection".

b. Pemotretan dengan sinar-X

Pemotretan ini dilakukan dengan sistim "Laue's Back Reflection" yang susunannya dapat dilihat pada gambar no. 1. Kemudian diambil pemotretan dengan kekuatan 35 KVA. dan waktu penjinaran selama 15 menit.

Hasil pemotretan yang pertama pada umumnya belum dapat dipakai untuk menentukan orientasi dari kristal yang dipotret. Gambar yang didapat dari pemotretan pertama ini biasanya akan terlihat seperti gambar no. 2. Dari hasil ini dipilih satu bidang istimewa, yaitu bidang yang diwakili oleh satu titik yang menjendri yang merupakan titik potong dari deretan-deretan titik yang terdapat. Sesudah itu kedudukan bidang istimewa tersebut terhadap arah datangnya sinar-X diukur dengan mempergunakan diagram Greninger. Berdasarkan hasil pengukuran ini, kedudukan kawat diputar sedemikian rupa sehingga bidang istimewa yang dipilih menghadap ke arah datangnya sinar-X, dengan dijaga agar kedudukan kawat tetap vertikal. Kemudian dilakukan pemotretan yang kedua dimana hasilnya dapat dilihat pada gambar no. 3.

Hasil pemotretan yang kedua inilah yang dipakai untuk menentukan orientasi dari kristal yang diselidiki. Pada pemotretan yang kedua ini dapat pula ditentukan bidang apa yang diwakili oleh bidang istimewa tersebut, dengan melihat keadaan simetri dari hasil pemotretannya. Bila terdjadi empat simetri seperti terlihat pada gambar no. 3, maka berarti bahwa bidang istimewa tersebut adalah bidang (100). Kalau terdjadi tiga simetri seperti terlihat pada gambar no. 4, berarti bahwa bidang istimewa yang dimaksud adalah bidang (111). Bila terdjadi dua simetri seperti gambar no. 5, berarti bahwa bidangnya adalah bidang (110).

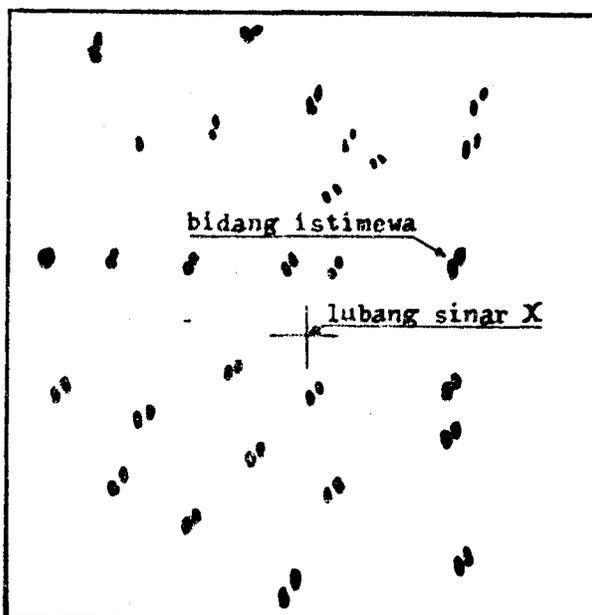
c. Penentuan orientasi

Setelah mengetahui kedudukan suatu bidang istimewa terhadap arah sinar-X, dengan jalan mengukur besarnya sudut antara normal dari bidang tersebut dan arah sinar-X, maka kedudukan bidang ini terhadap sumbu kristal dapat ditentukan.

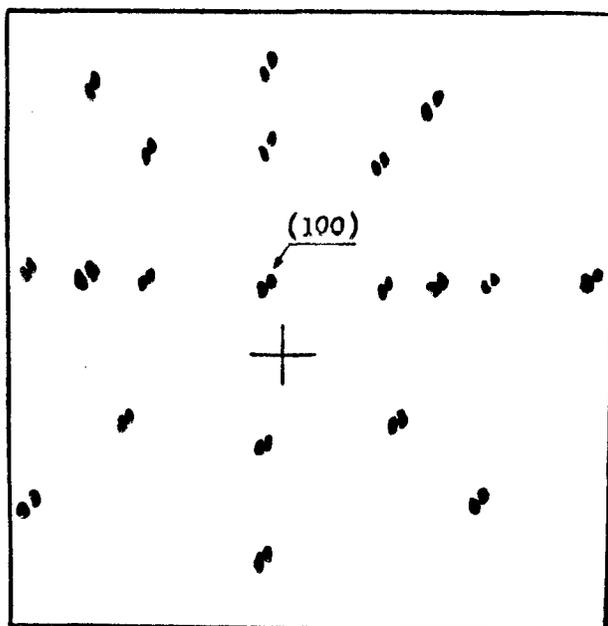
Kemudian dengan mempergunakan net stereografi dari Wulff, sumbu atau orientasi dari kristal tersebut dapat ditentukan kedudukannya didalam segitiga standar dari proyeksi stereografi.

4. HASIL-HASIL PERTJABAAN

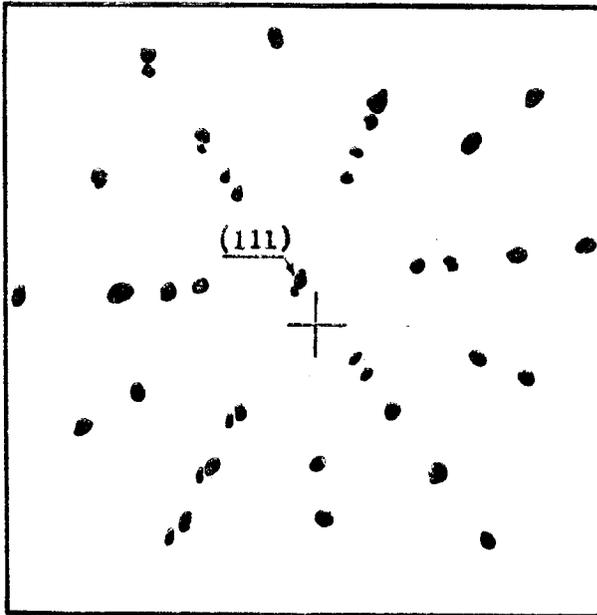
Orientasi dari kristal-kristal yang diselidiki, setelah diolah seperti diterangkan diatas, digambar didalam segitiga standar dari proyeksi stereografi. Hasil-



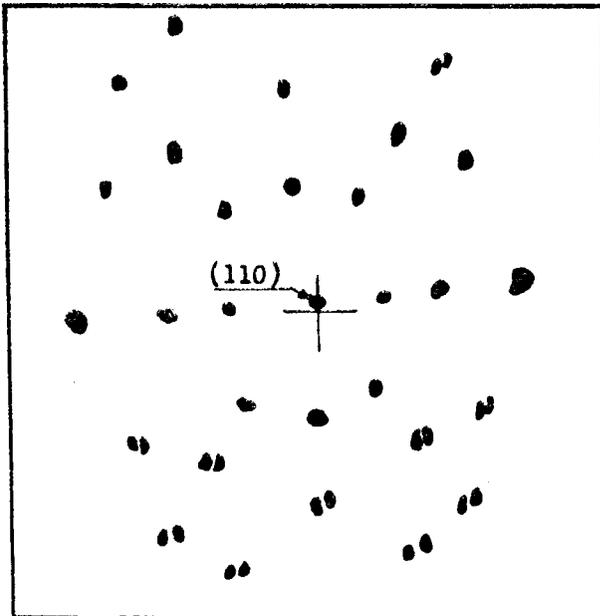
Gambar no. 2. Hasil pemotretan jang pertama.



Gambar no. 3. Hasil pemotretan kedua jang menundjukkan adanja 4-simetri, jaitu bidang (100).

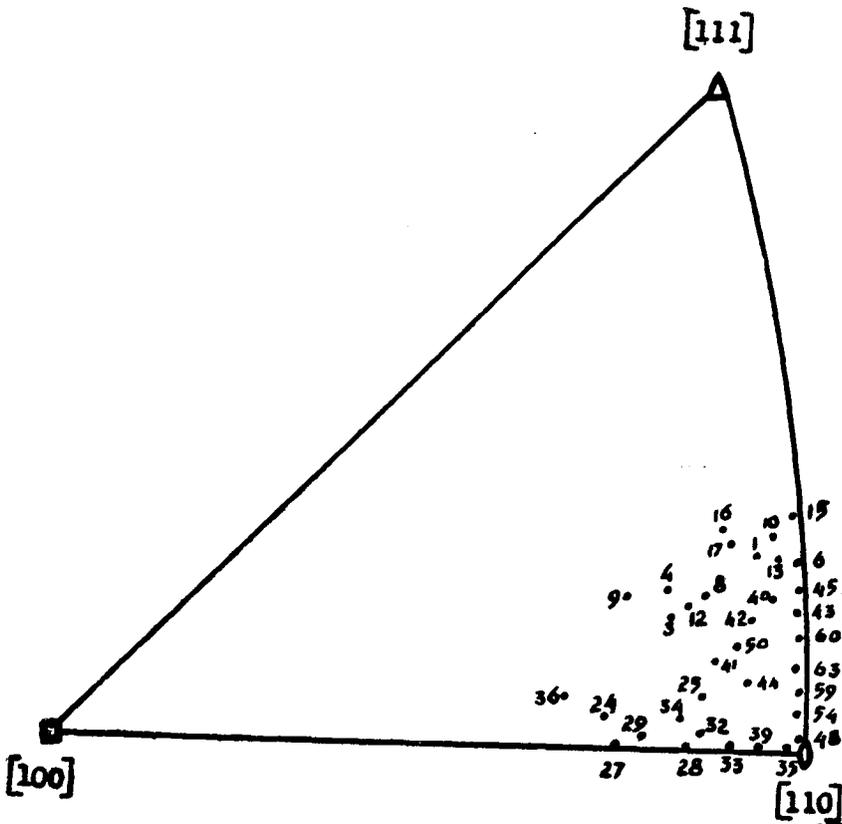


Gambar no. 4. Hasil pemotretan dari bidang dengan 3-simetri, jaitu bidang (111).



Gambar no. 5. Hasil pemotretan dari bidang dengan 2-simetri, jaitu bidang (110).

hasil seluruhnya dapat dilihat pada gambar no. 6. Dari gambar tersebut dapat dilihat djelas bahwa orientasi dari kristal-kristal jang diperoleh berada disekitar arah $[110]$.



Gambar no. 6. Orientasi kristal dalam segitiga standar dari proyeksi stereografi. Angka-angka menundjukkan nomor kristal jang diselidiki.

5. PEMBAHASAN

a. Pembahasan umum

Struktur achir dari suatu logam sangat dipengaruhi oleh riwayat perlakuan jang telah diterima oleh logam jang bersangkutan. Berhubung dengan hal tersebut, maka didalam tulisan ini akan dibahas selangkah demi selangkah tiap-tiap struktur jang dihasilkan dari tiap-tiap proses, jang dilakukan didalam pembuatan kristal tunggal dengan tjara "strain-anneal" ini.

Proses-proses yang dilakukan didalam pembuatan kristal tunggal tersebut dapat disimpulkan dalam tiga tahap, jaitu :

1. Pengerdjaan dingin dengan mesin rol yang dilakukan dalam pembuatan kawat. Didalam proses ini logam mengalami reduksi luas penampang dari 25 mm² mendjadi 3 mm², atau kira-kira 90% reduksi. Didalam pembahasan selanjutnja proses ini akan disebut "cold-working".
2. Pemanasan dari kawat-kawat hasil pengerdjaan tersebut diatas sampai 550°C yang selanjutnja akan disebut "annealing".
3. Kawat-kawat yang sudah dipanaskan ditarik sehingga terdjadi regangan kritik sebesar 3,7% dan kemudian dipanaskan lagi pada suhu 550°C. Proses inilah sebenarnja yang merubah kawat-kawat tersebut mendjadi kristal-kristal tunggal dan selanjutnja akan disebut dengan "strain-anneal".

Pembahasan selanjutnja akan disesuaikan dengan tahap-tahap pengerdjaan seperti diatas, jaitu : orientasi hasil dari "cold-work", orientasi hasil dari "annealing", dan orientasi hasil dari "strain-anneal".

b. Orientasi dari hasil "cold-work"

"Cold-work" yang dilakukan disini ialah pengerolan melalui rol-rol seperti terlihat pada gambar no. 7. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pengerolan sebenarnja adalah proses deformasi tekan.

Menurut Schmid dan Boas, apabila logam mengalami deformasi karena gaja tekan murni, maka arah slip dari logam tersebut akan berputar relatif terhadap sumbu gaja yang memenuhi persamaan :

$$\frac{\sin X}{\sin X_0} = \frac{h_0}{h}$$

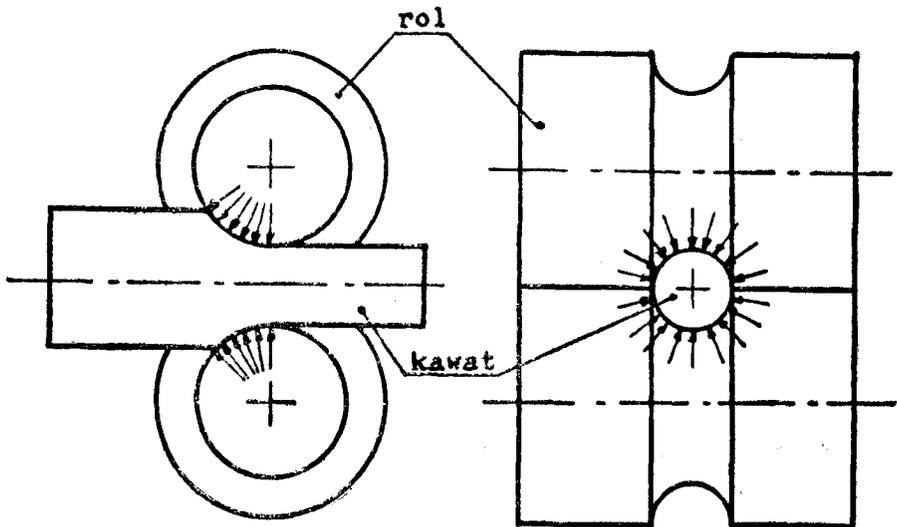
dengan

X_0 = sudut antara arah slip dan arah gaja sebelum deformasi.

X = sudut antara arah slip dan arah gaja sesudah deformasi.

h_0 = tebal logam pertjobaan sebelum deformasi.

h = tebal logam pertjobaan sesudah deformasi.



Gambar no. 7. Bagan pengerolan kawat.

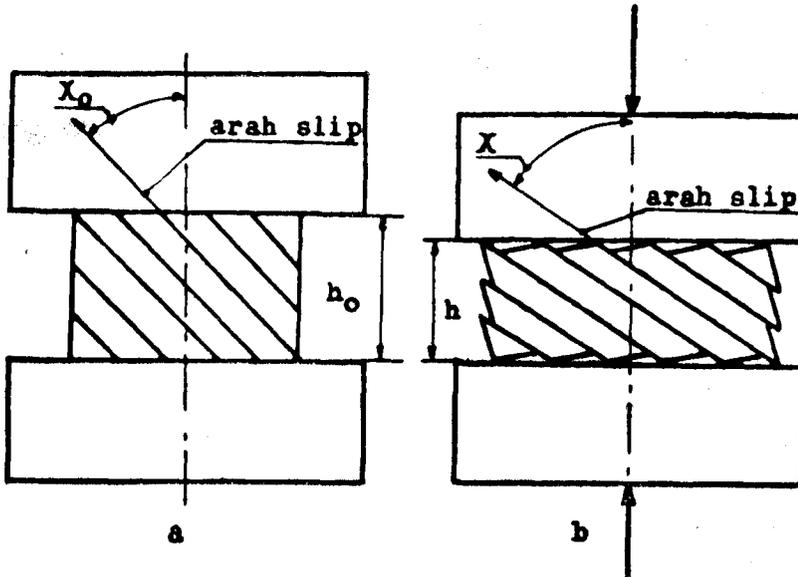
Perputaran tersebut dapat dilihat dengan jelas didalam gambar no. 8. Dari gambar ini dan dari persamaan Schmid dan Boas, dapat diambil kesimpulan bahwa pada deformasi tekan arah slip akan berputar menjauhi sumbu gaja. Djadi didalam proses pengerolan djelaslah bahwa arah slip djuga akan berputar menjauhi sumbu gaja atau berputar mendekati sumbu kawat.

Didalam hal aluminium, jang termasuk dalam djenis "Face-centered Cubic Metals" (logam "FCC"), teranglah bahwa sesudah mengalami "cold-work" dengan deformasi sebesar kira-kira 90%, kawat-kawat aluminium jang dihasilkan akan mempunjai orientasi sekitar [110], karena telah diketahui bahwa arah slip dari logam "FCC" adalah arah [110].

b. Orientasi hasil dari "annealing"

Dua orientasi mungkin terdjadi sebagai hasil "annealing", jaitu :

1. Dipertahankannya orientasi dari "cold-work".
2. Terdjadi orientasi baru jang sama dengan orientasi "cold-work", diputar dengan sudut 30° sampai 40° dengan arah [111] sebagai sumbu putaran.



Gambar no. 8. Bagan proses penekanan.
 a. Sebelum deformasi.
 b. Sesudah deformasi.

Didalam penjelidikan ini, kedua hal tersebut diatas tidak begitu dibedakan, karena "cold-work" tidak menjebakkan orientasi tepat pada arah [110], melainkan disekitar arah tersebut. Djadi sesudah proses "annealing", walaupun terdjadi orientasi baru dengan perputaran sampai 40° , kawat-kawat aluminium tersebut masih akan tetap mempunjai orientasi disekitar arah [110], sebab hasil-hasil pertjobaan jang dilakukan masih berada didalam daerah perputaran 40° .

c. Orientasi hasil dari "strain anneal"

Didalam proses "strain-anneal" ini kawat aluminium tersebut ditarik dengan deformasi kritik sebesar 3,7% dan kemudian dipanaskan pada suhu 550°C dalam waktu jang tjukup lama. Deformasi jang dilakukan disini tujuannja ialah untuk memberikan energi eksitasi dalam pembentukan beberapa inti jang stabil ; sedangkan pemanasan diperlukan untuk menumbuhkan inti-inti tersebut mendjadi kristal-kristal. Karena inti jang terbentuk hanja beberapa, maka akan terdjadi kristal-kristal besar jang merupakan kristal-kristal tunggal apabila kristal-kristal tersebut dipotong sendiri-sendiri.

Sesuai dengan persamaan Schmid dan Boas, regangan tarik kritik sebesar 3,7% ini menyebabkan orientasi kawat berubah sedikit dari orientasi semula. Tetapi karena deformasi kritik tersebut (hanja) ketjil sekali, maka perubahan tersebut tidak membawa perubahan besar terhadap orientasi semula.

Djadi djelaslah bahwa kristal-kristal tunggal jang terdjadi akan tetap mempunyai orientasi disekitar arah [110], jaitu suatu orientasi jang hampir sama dengan orientasi hasil "cold-work".

6. KESIMPULAN

1. Pengerolan dingin dengan deformasi jang besar menyebabkan kawat aluminium jang terdjadi mempunyai orientasi mendekati arah [110].
2. Pemanasan hasil dari pengerdjaan dingin dengan deformasi jang besar pada suhu jang relatif tinggi, tidak banjak merubah orientasi.
3. Kristal-kristal tunggal dari kawat aluminium jang dihasilkan dengan tjara "strain-anneal", mempunyai orientasi hampir sama dengan orientasi dari kawat jang membentuknja.

7. REFERENSI

1. Harsono Wirjosumarto, "A Study of the Deformation Effect of Pre-straining Prior to the Aging Process of Single Crystals of 6061 Aluminium Alloy", Thesis, University of Kentucky 1963
2. Harsono Wirjosumarto, "To Grow Single Crystals of 6061 Aluminium Alloy", *Proceedings ITB*, 3 (4), 205 (1965)
3. Charles S. Barrett, "Structure of Metals", Mc Graw Hill Book Company, Inc., New York; 1952, pp. 442-509