

REKONDISI DIES DIAMOND PADA PROSES DRAWING

Gatot Prayogo

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UI
Kampus Baru UI, Depok 16424
E-mail: gatot@eng.ui.ac.id

ABSTRAK

Proses drawing merupakan suatu proses manufaktur untuk memperkecil diameter kawat (*wire diameter*) dengan teknik penarikan kawat melalui lubang *dies drawing*. Selama proses drawing, *dies diamond* akan menjadi rusak aus karena dipakai secara terus menerus. Tetapi, *dies diamond* tersebut dapat dipakai kembali setelah dilakukan rekondisi sesuai dengan spesifikasi teknisnya.

Teknik rekondisi yang digunakan dalam studi ini adalah repolish dan/atau over size, dan material yang digunakan sebagai *dies diamond* pada proses drawing kawat tembaga (copper wire) yaitu *natural diamond dies* dan *synthetic polycrystalline diamond dies (PCD)*.

Dalam rangka untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, dalam proses rekondisi dies diamond dilakukan modifikasi berupa penambahan sudut *blending exit* sebesar sekitar 18 derajat. Dalam pengujian, proses drawing telah dilakukan terhadap *cooper wire* dengan menggunakan *dies diamond* dengan dan tanpa *blending exit*. Pengamatan dengan menggunakan microscope telah dilakukan terhadap hasil drawing.

Dari pengamatan terhadap hasil proses drawing tersebut, menunjukkan bahwa permukaan *copper wire* yang dihasilkan oleh proses drawing dengan menggunakan *dies diamond* dengan *blending exit* lebih halus permukaannya dibandingkan dengan dies diamond tanpa sudut *blending exit*.

Kata Kunci : Drawing, dies-diamond, copper wire.

1. Pendahuluan

Pemakaian alat-alat listrik pada rumah tangga dan industri sangat meningkat dalam aktifitas sehari-hari. Hampir semua alat-alat listrik tersebut memakai kabel dan enamelled wire. Enamelled Wire banyak dipakai pada alat-alat listrik seperti stator motor listrik, relay, sensor elektronik, coil listrik, dls.

Seiring dengan itu, perkembangan industri manufaktur kabel dan Enamelled Wire saat ini mengalami kemajuan pesat. Diameter konduktor pada kabel dan Enamelled Wire dihasilkan melalui proses drawing dengan memakai diamond dies drawing yang diameternya sesuai dengan diameter konduktor. Diamond dies drawing akan mengalami aus dan kerusakan atau cacat bila dipakai dalam jangka waktu terus menerus.

Beberapa pengetahuan teknik perlu dipersiapkan untuk merekondisi diamond dies drawing yang rusak agar dapat dipergunakan kembali.

Dengan latar belakang tersebut diatas, maka makalah ini disusun untuk membahas tentang metode rekondisi diamond dies drawing yang dipakai pada proses drawing Copper Wire.

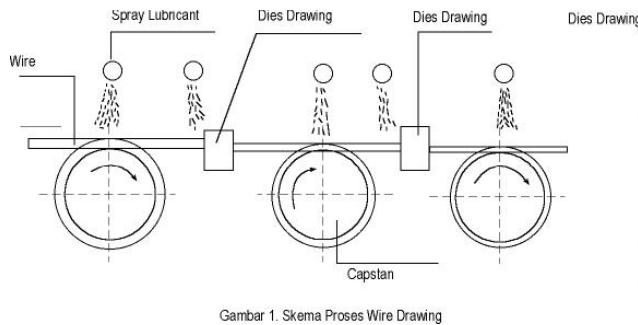
Tujuan utama penulisan makala ini adalah untuk memperkenalkan metoda rekondisi dies-diamond yang sesuai untuk enamelled copper wire. Tujuan khusus adalah untuk melakukan pengembangan metode rekondisi dies-diamond dengan penambahan sudut *blending exit*.

2. Proses drawing

Deformasi Indirect Compression terjadi karena tarikan yang mengakibatkan tekanan yang memadatkan. Salah satu contoh deformasi Indirect Compression adalah proses wire drawing. Proses wire drawing dilakukan dengan proses cold working.

Proses drawing merupakan proses non cutting shaping dimana wire mengalami deformasi tanpa pengurangan material wire. Yang terjadi hanyalah diameter wire mengecil dan panjang wire menjadi berubah.

Proses drawing bertujuan untuk mengecilkan diameter wire yang diproses dengan cara penarikan wire melalui lubang dies drawing yang diameternya lebih kecil dari diameter wire. Diameter wire yang keluar dari dies drawing sesuai dengan diameter dies. Proses pengecilan diameter wire dilakukan dengan kondisi wire berjalan karena tarikan oleh motor melalui capstan. Umumnya pengecilan diameter wire dilakukan melalui beberapa dies drawing secara simultan. Ujung wire ditarik melewati dies yang diameternya lebih kecil dari wire dan dililitkan, 2 atau 3 lilitan pada roll capstan yang berputar searah dengan penarikan.

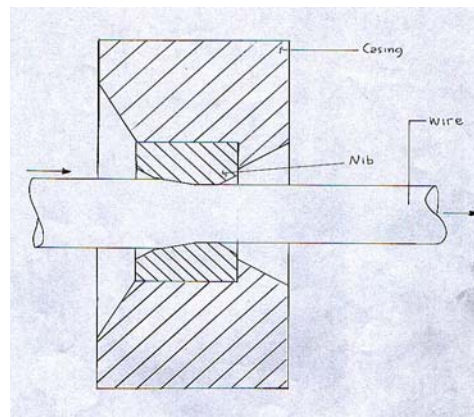


Gambar 1. : Skema Proses Wire Drawing

Deformasi yang terjadi pada wire didefinisikan sebagai reduction area. Dengan mengabaikan efek friction redundant work, maximum reduction area (max) yang dimungkinkan adalah 0.632. Pada prakteknya reduction yang dipakai dibawah maximum reduction area. Umumnya reduction area yang dipakai pada prakteknya adalah 0.50 untuk single drawing dan 0.30 untuk proses drawing secara simultan

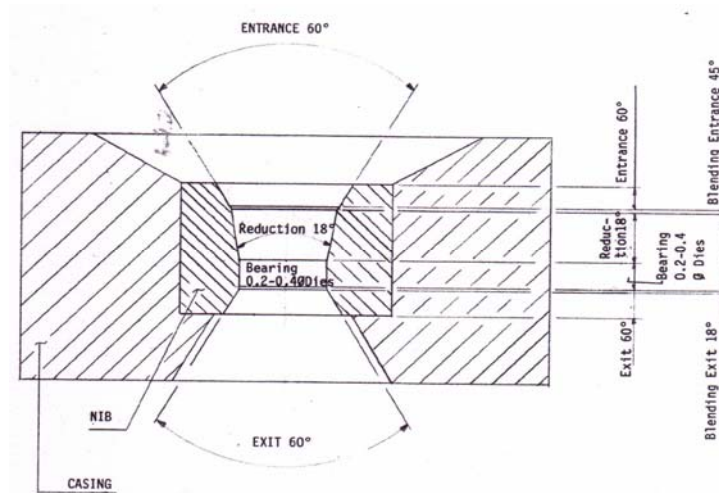
2.1 Dies drawing

Pada proses drawing, defomasi wire terjadi di dies drawing, deformasi yang terjadi berupa pengecilan diameter copper wire setelah keluar dari dies drawing . Dies drawing terdiri dari 2 part yaitu casing dan nib. Material casing umumnya dari stainless steel. Material nib yang dipakai pada proses drawing dari tungsten carbide atau dari diamond.



2.2. Geometri Dies Drawing

Sudut-sudut pada lubang dies drawing terdiri dari 6 sudut, seperti terlihat pada gambar 10 dibawah.



Gambar 3: Skema Geometri Dies-Diamond

Entrance : Zona entrance fungsinya untuk mengarahkan wire masuk ke dies dan tempat menaikkan aliran lubricant ke dies. Aliran lubricant akan membentuk lapisan film antara wire dengan dinding lubang dies secara konsisten.

Blending Entrance : Blending Entrance merupakan transisi antara zona entrance dengan zona reduction yang berfungsi untuk mengurangi sudut yang tajam antara pertemuan sudut entrance dengan sudut reduction.

Reduction : Zona wire memasuki dies untuk mengecilkan diameter. Diameter wire mengecil karena tarikan sepanjang reduction ke arah exit. Deformasi terjadi pada zona reduction.

Bearing : Zona bearing membentuk ukuran final diameter wire keluar dari dies drawing. Panjang bearing yang optimum untuk copper wire adalah 20% - 40% diameter bearing.

Blending Exit : Blending exit berfungsi untuk memberikan kelonggaran saat wire keluar bearing. Wire keluar bearing terkadang tidak tegak lurus terhadap dies, hal ini disebabkan efek kawat melengkung saat dililit pada roll capstan dan wire mengayun saat ditarik yang diakibatkan factor putaran motor penggerak roll capstan. Bila profil blending exit tidak ada, maka akibat wire keluar tidak tegak lurus dies akan terjadi kikisan pada permukaan wire.

Exit : Zona exit berfungsi untuk memberikan kelonggaran saat terjadinya ekspansi wire setelah meninggalkan zona bearing.

3. Rekondisi dies diamond

Diamond dies drawing yang rusak bila dipakai dapat mengakibatkan masalah pada proses drawing dan masalah kualitas copper yang dihasilkan. Adapun masalah yang ditimbulkan dari pemakaian dies diamond drawing yang rusak adalah al. : 1. Copper wire putus saat proses drawing, 2. Diameter wire keluar dies tidak sesuai dengan diameter dies. 3. Copper wire keluar dies tidak bulat., 3. Permukaan wire luka. 4. Permukaan wire tersayat sehingga partikel bram sayatan menempel pada permukaan wire, dls.

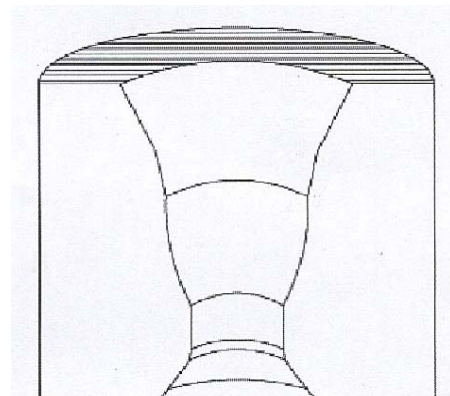
Kemungkinan rusaknya diamond dies drawing disebabkan oleh beberapa hal al.: Umur pakai dies yang telah terlampaui; Kondisi lubricant drawing yang kurang terkontrol; Saluran-saluran pipa spray lubricant ke dies tersumbat sehingga diamond dies drawing tidak dialiri lubricant yang cukup.

3.1. Jenis kerusakan Diamond Dies Drawing

Jenis kerusakan yang terjadi pada diamond dies drawing akibat pemakaian adalah sbb. : diameter bearing bertambah besar; Entrance luka / cacat; Blending entrance luka / cacat; Reduction angle luka / cacat; Reduction angle berbentuk cembung; Terbentuk ring / cincin mengelilingi reduction angle; Bearing luka / cacat; Exit rusak. Beberapa contoh gambar tentang kerusakan dies-diamond dapat terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Reduction angle luka/cacat ²⁾.



Gambar 5. Gambar skema reduction angle berbentuk cembung ²⁾.

3.2. Jenis Rekondisi Diamond Dies Drawing.

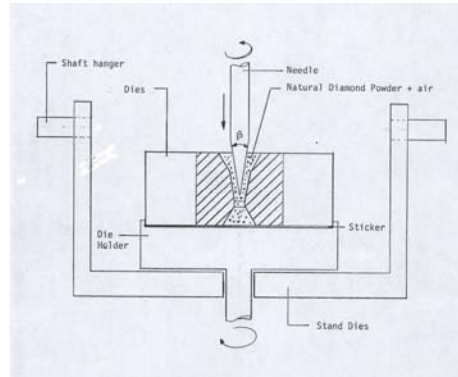
Dies diamond yang rusak dapat direkondisikan kembali dengan metode sbb. :

1. Tanpa Oversize : Repair dengan cara polish yaitu memperbaiki reduction angle yang sedikit cacat / luka.)
2. Dengan Oversize : Memperbesar diameter dies dan repair entrance, blending entrance, reduction angle, bearing, blending exit dan exit.

3.2.1. Rekondisi tanpa oversize (Repolish)

Repolish adalah pengerjaan polishing diamond dies drawing tanpa mengubah ukuran dies dengan memakai needle tanpa menyentuh bearing, Biasanya repolish dilakukan untuk memperbaiki (repair) reduction angle yang sedikit luka / cacat.

Beberapa prinsip kerja mesin untuk rekondisi dapat dijelaskan seperti contoh berikut ini.



Gambar 6. Proses pengerjaan polish dies diamond drawing.

Cara kerja alat Gb. 6 : Needle dengan sudut (β) ditekan ke arah lubang dies yang berisi natural diamond powder dicampur air. Needle berputar berlawanan arah jarum jam dan dies berputar searah jarum jam serta stand dies bergerak maju mundur.

3.2 Rekondisi Oversize Natural Diamond Dies.

Rekondisi oversize dilakukan dengan pembesaran diameter dies, memperbaiki (repair) dies dan polishing . Biasanya memperbesar diameter dies dilakukan bila kondisi bearing dies dalam keadaan rusak.

Proses pengerjaan oversize diameter Natural Diamond dies drawing terdiri dari 4 tahap yaitu :

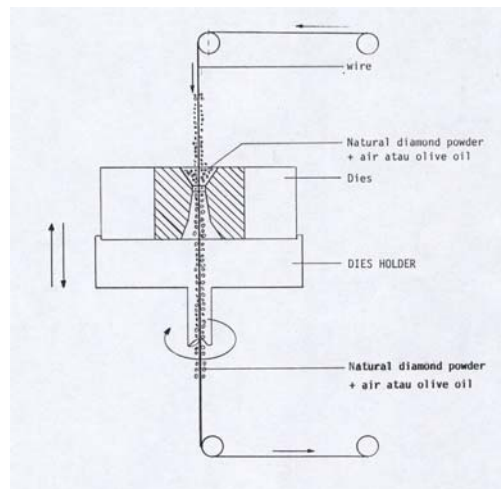
Tahap 1 :Pekerjaan kasar (rough) oversize diameter sebesar \varnothing sebelum prepolish – \varnothing dies original.

Tahap 2 : Pekerjaan prepolish, oversize diameter sebesar 0.02 mm.

Tahap 3 : Pembuatan blending exit, oversize diameter 0.015 – 0.030 mm.

Tahap 4 : Polishing dan pembuatan bearing.

Telah dicoba dengan menggunakan sudut blending exit dari 16° , 17° , 18° , 19° , tetapi dari hasil pengujian didapat kesimpulan bahwa blending exit dengan sudut 18° , adalah yang terbaik.

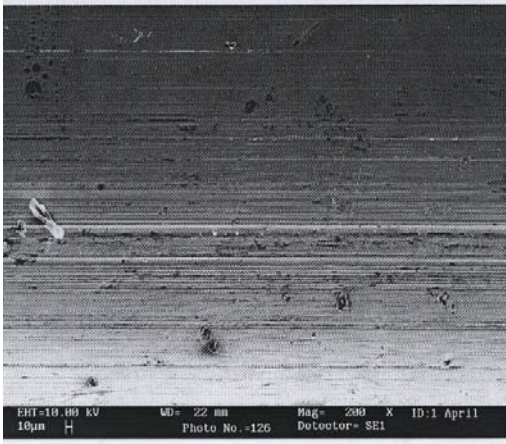


Gambar 7. Proses pengerjaan bearing natural diamond dies drawing.

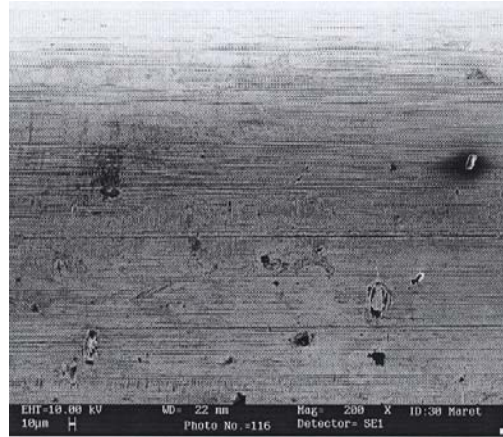
Cara kerja alat Gambar 7: Dies dan dies holder berputar dan bergerak keatas dan kebawah. Posisi wire ditengah-tengah dies, wire dilumuri natural diamond powder + olive oil. Wire berjalan kebawah dengan sangat pelan. Wire harus tetap basah akan natural powder + olive oil serta posisi dies terbalik.

4. Pengujian

Efek dari penambahan sudut blending exit dapat dilihat dari hasil photo pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) terhadap permukaan kawat tembaga yang dihasilkan dari proses drawing. Gambar 8, menunjukkan gambar permukaan kawat tembaga hasil proses drawing tanpa memakai sudut blending exit pada nib diamond dies drawing dengan pembesaran 200 x pengujian SEM. Pada gambar 8, terlihat bahwa pada permukaan kawat tembaga terbentuk alur kikisan yang lebar dan dalam. Hasil proses drawing dengan memakai sudut blending exit pada nib diamond dies drawing terlihat pada gambar 9, dengan pengujian SEM dengan pembesaran 200 x. Permukaan yang dihasilkan dengan memakai sudut blending exit adalah bahwa alur yang terbentuk lebih halus dibanding dengan tanpa memakai sudut blending exit.



Gambar 8. Permukaan kawat tembaga tanpa memakai sudut blending exit. (Pengujian SEM dengan pembesaran 200 x.)



Gambar 9. Permukaan kawat tembaga dengan memakai sudut blending exit. (Pengujian SEM dengan pembesaran 200 x.)

Percobaan tersebut dilakukan pada diameter kawat $d = 0,1$ mm, dengan kecepatan 2000 m / menit, dan menggunakan pelumas: WD4100.

5. Pembahasan

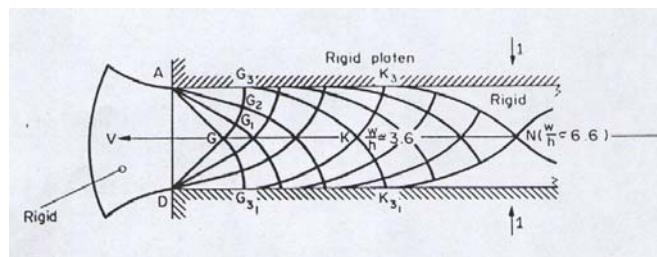
5.1. Appearance Dies Diamond Drawing

Permukaan nib diamond hasil rekondisi halus seperti dies yang baru. Permukaan nib diamond yang luka / aus akibat pemakaian terus menerus tidak terlihat lagi pada mikroskop pembesaran 150 x. Permukaan nib diamond yang halus saat dipakai pada proses drawing akan menghasilkan permukaan kawat tembaga yang halus. Rekondisi dies diamond dengan oversize lebih halus hasilnya dibanding tanpa over size. Hal ini dikarenakan saat repolish tanpa oversize, bearing tidak dilakukan polishing padahal ujung bearing tersentuh sedikit pada saat polishing sudut reduction.

5.2 Penambahan Sudut Blending Exit Pada Rekondisi Oversize.

Pada prakteknya proses drawing dilakukan dengan dies secara simultan, wire mengalami tegangan di antara 2 (dua) dies yang mengakibatkan berubahnya state of stress pada zona deformasi (zona sudut reduction)^[11]. Draw stress yang dialami copper wire yang keluar dari dies bertambah besar sejumlah back tension stress yang diterima saat memasuki dies. Untuk mengurangi efek back tension maka dilakukan penambahan sudut blending exit pada ujung bearing.

Penambahan sudut blending exit pada nib dies diamond drawing berfungsi untuk mengurangi terjadinya kikisan pada permukaan kawat tembaga dan itu juga untuk memberi toleransi gerakan karena adanya vibrasi saat proses drawing. Sudut blending exit berfungsi juga mengurangi garis dari *slip line fields* terkonsentrasi di titik ujung dies sehingga deformasi yang terjadi menghasilkan permukaan kawat tembaga yang halus. Pada dies yang tidak memakai sudut blending exit (lihat Gambar 10), garis *slip line fields* terkonsentrasi di ujung dies (A & D).



Gambar 10. Gambar skema garis slip line fields.⁶⁾

5. Kesimpulan

Dari hasil serangkaian percobaan dan pengujian yang telah dilakukan, akhirnya dapatlah ditarik kesimpulan sbb.:

1. Rekondisi dies diamond drawing dengan oversize lebih halus hasilnya dibanding tanpa over size karena bearing pada rekondisi tanpa over size tidak dilakukan polishing padahal ujung bearing tersentuh pada saat polishing sudut reduction.
2. Sudut-sudut nib dies diamond drawing adalah sbb.: Entrance = 60°; Blending entrance = 45°; Reduction angle = 18°; Bearing = 20% - 40% diameter bearing; Blending exit = 18°; Exit = 60°.
3. Penambahan sudut blending exit sebesar 18° pada dies diamond, akan menghasilkan permukaan copper wire lebih halus, dan copper wire tidak mudah putus.

Ucapan terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada sdr. Parulian Simarmata ST, dari PT. Sucaco, atas kerjasamanya dalam pengujian.

Daftar acuan :

1. Esteves , "Selection of Drawing Dies From Rod to Superfine Wires".
2. Esteves DWD, "Wire Drawing Symposium", ESTEVES – PDT, Jakarta 2003.
3. Esteves PDT, "Manual for Reconditioning of Diamond and PCD Dies", ESTEVES – PDT, 1996.
4. Harris J.N. ,F.I.M.C.Eng., "Mechanical Working of metals," Pergamon Press,1983.
5. Inosym, "Delivering world class quality & performance".

6. Johnson W., R.Sowerby, R.D. Venter,"Plane Strain Slip Line Fields for Metal Deformation Processes" Pergamon Press, 1982.
7. Mikell P. Groover,"Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems", Prentice Hall, New Jersey, 1996.
8. Osaka Diamond, "Diamond Dies," Osaka Diamond, REF. No. 9DO1, Osaka. 2002.
9. Professional Diamond Tools (PDT),"Diamond Dies Diamantziehsteine",Valkenswaard, The Netherlands.
10. Robinson T.D., P A Clayton, J C Hogg, A. Johnson, A Naylor, D Tucker,"Copper Wire Production," Intras Publications on behalf of the International Wire & Machinery Association".
11. Taylan Altan, Soo – Ik Oh, Harold L Gegel,"Metal Forming Fundamentals and applications," American Society for Metals,1995.