

BAB V

PENGERJAAN DINGIN LOGAM

Logam pada umumnya mengalami pengerjaan dingin pada suhu ruang, meskipun perlakuan tersebut mengakibatkan kenaikan suhu. Pengerjaan dingin mengakibatkan timbulnya distorsi pada butir. Pengerjaan dingin dapat meningkatkan kekuatan, memperbaiki kemampuan permesinan, meningkatkan ketelitian dimensi, dan menghaluskan permukaan logam.

Secara umum, proses pengerjaan dingin berakibat :

- 1) Terjadinya tegangan dalam logam, tegangan tersebut dapat dihilangkan dengan suatu perlakuan panas.
- 2) Struktur butir mengalami distorsi atau perpecahan.
- 3) Kekerasan dan kekuatan meningkat, hal ini seiring dengan kemunduran dalam keuletan.
- 4) Suhu rekristalisasi baja meningkat.
- 5) Penyelesaian permukaan lebih baik.
- 6) Dapat diperoleh toleransi dimensi yang lebih ketat.

5.1. PROSES PENGERJAAN DINGIN

Secara umum, yang dimaksudkan dengan proses pengerjaan dingin adalah : penggilingan, penarikan, dan ekstruksi.

Operasi pengerjaan dingin secara menyeluruh, yaitu:

- 1) Penarikan
 - a) bahan tebuk (blanks)
 - b) tabung
 - c) cetak-timbul
 - d) kawat
 - e) putar-tekan

- f) putar-tekan-gunting
 - g) pembentukan-tarik
 - h) pembentukan-tarik-tekan
- 2) Penekanan
- a) koin
 - b) pengerolan dingin
 - c) membuat ukuran dengan tepat
 - d) pemukulan atau tempa dingin
 - e) pembentukan intra
 - f) pembuatan ulir dan alur
 - g) pengelingan
 - h) staking
- 3) Pelengkungan
- a) pelengkungan sudut
 - b) pengerolan
 - c) pelengkungan pelat
 - d) “curling”
 - e) kampuh
- 4) Pengguntingan
- a) bahan tebuk
 - b) pons
 - c) pemotongan
 - d) pemangkasan
 - e) perlubangan
 - f) takik
 - g) belah
 - h) tusuk
 - i) serut
- 5) Berenergi tinggi
- a) ledakan
 - b) hidroelektrik
 - c) magnetic
- 6) Hobb

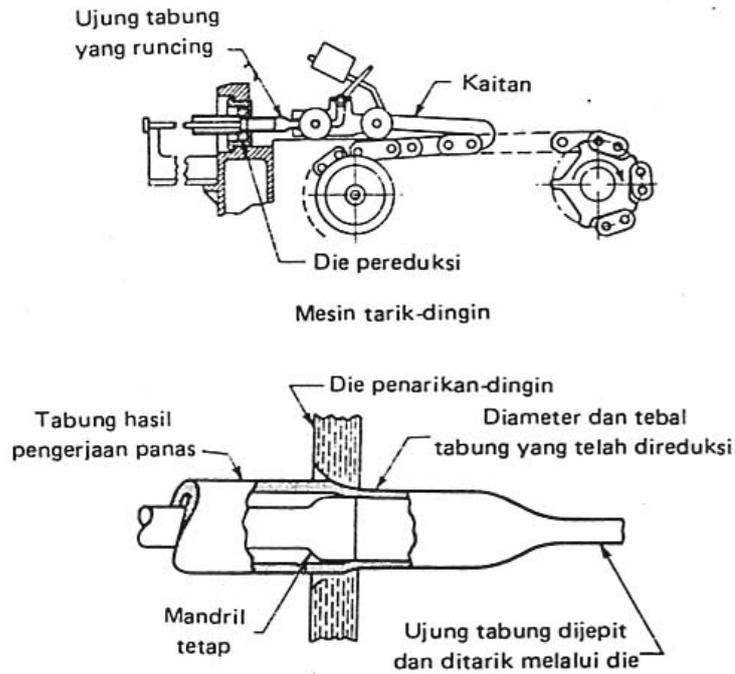
- 7) Ekstruksi
 - a) dingin
 - b) impak
- 8) Penumbukan peluru

Penyelesaian Tabung

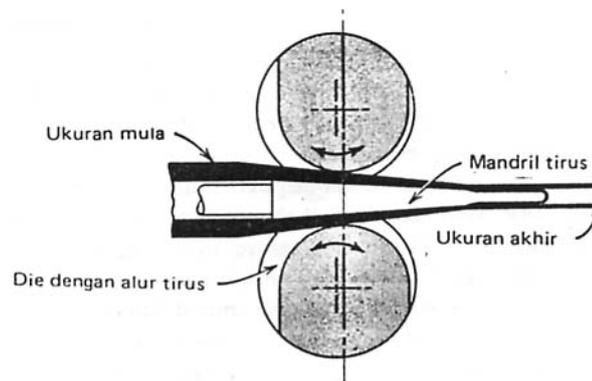
Penyelesaian tabung yang memerlukan ketelitian dimensi, permukaan mulus, dan sifat fisik yang baik dilakukan dengan penarikan dingin atau dengan mereduksi tabung. Tabung yang dibentuk dengan penggilingan panas dibersihkan dengan asam lalu dicuci sampai bebas dari kerak. Sebelum penyelesaian, tabung diberi pelumas untuk mengurangi gesekan dan untuk meningkatkan kehalusan permukaan, kemudian dilakukan penarikan dingin yang dilakukan pada bangku tarik (Gambar 1). Pada salah satu sisi tabung terjadi reduksi diameter akibat pemukulan sehingga dapat masuk ke dalam die, kemudian dijepit dengan penjepit yang dihubungkan dengan rantai penarik. Lubang cetakan lebih kecil dari diameter luar tabung. Permukaan dalam dan diameter ditentukan oleh mandril yang terdapat di dalam tabung. Daya tarik berkisar antara 200 hingga 1300 kN, sedangkan panjangnya dapat mencapai 30 meter.

Dengan penarikan dingin dapat dihasilkan tabung dengan diameter kecil atau tabung yang tipis.

Reduksi tabung dilengkapi dengan die semi lingkaran beralur tirus. (gambar 2). Tabung hasil pengerjaan panas ditarik sambil diputar melalui die ini. Die bergoyang maju – mundur ketika tabung melaluinya. Mandril tirus yang ada di dalam tabung menentukan reduksi dan ukuran akhir tabung.



Gambar 1. Proses penarikan dingin tabung.



Gambar 2. Skema suatu pereduksi tabung.

Tabung hasil penarikan dingin atau tabung hasil mesin pereduksi tabung, memiliki segala kelebihan produk pengerjaan dingin, dan tabung lebih panjang dan lebih tipis dibandingkan dengan pengerjaan panas.

Penarikan Kawat

Batang kawat, dengan diameter 6 mm, berasal dari billet yang digiling kemudian dibersihkan dalam larutan asam untuk menghilangkan kerak dan karat. Batang kawat diberi lapisan

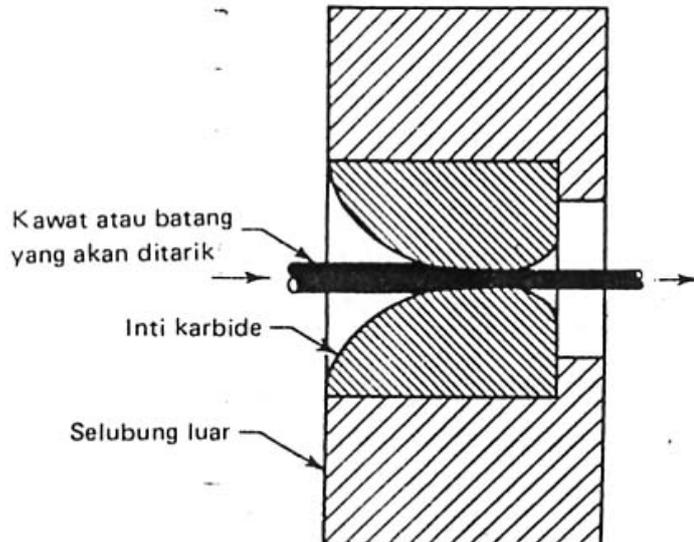
pelindung untuk mencegah terjadinya oksidasi, menetralkan sisa-sisa asam dan sekaligus merupakan pelumas atau lapisan tempat melekatnya lapisan berikutnya. Proses penarikan dapat bersifat bertahap atau kontinyu.

Proses penarikan bertahap, yakni :

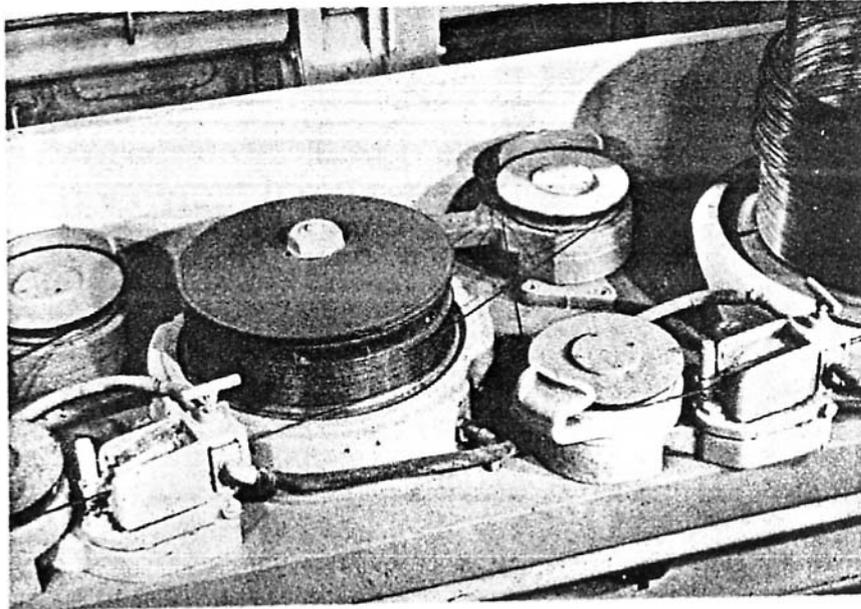
Suatu gulungan kawat dipasang di mesin dan salah satu ujungnya dimasukkan ke lubang penarik. Bila ril penarik berputar, kawat ditarik melalui lubang die sambil digulung. Langkah ini diulang beberapa kali, setiap kali digunakan die yang lebih kecil, sampai diperoleh ukuran kawat yang diinginkan.

Proses penarikan kontinyu, yakni :

Kawat yang ditarik melalui beberapa die dan ril penarik disusun secara seri. Sehingga kawat dapat mengalami deformasi maksimal sebelum memerlukan anil. Jumlah die tergantung pada jenis logam atau paduan yang sedang ditarik. Die umumnya terbuat dari karbida tungsten, kadang-kadang digunakan die intan.



Gambar 3. Penampang die yang digunakan untuk penarik kawat.



Gambar 4. Mesin penarik kawat kontinyu.

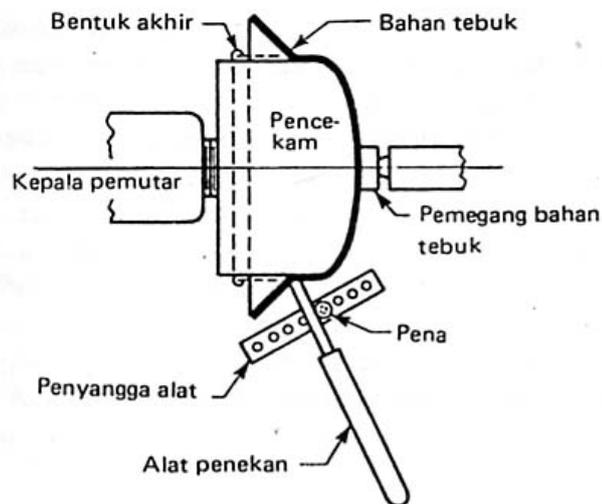
Pembuatan Lembaran Tipis

Lembaran tipis, kadang-kadang ± 0.02 cm dibuat dengan cara pengerolan dingin. Bahan baku berupa logam murni atau paduan, memerlukan pengendalian yang sangat ketat. Logam murni atau campuran logam murni dimasukkan secara kontinyu ke dalam tanur peleburan, didinginkan lalu dirol langsung secara kontinyu menjadi lembaran tipis. Ketebalan lembaran diatur oleh tekanan rol dan tegangan tarik dalam bahan. Permukaan mungkin halus dan mengkilap keduanya atau salah satunya kusam. Efek kusam diperoleh dengan mengerol sepasang lembaran sekaligus. Permukaan yang bersentuhan dengan rol akan mengkilap dan yang bersinggungan satu sama lainnya akan kusam.

Proses Putar – Tekan

Pada proses ini, lembaran tipis ditekan sambil diputar pada cetakan tertentu (gambar 5.). Benda ditekankan pada cetakan yang berputar berbentuk simetris dan dibuat dari kayu keras dan untuk

menghasilkan jumlah yang banyak digunakan cetakan dari baja licin. Bahan tebuk dapat berupa lingkaran datar atau benda hasil linyuk (deep drawing). Pekerjaan putar tekan umumnya dilakukan pada permukaan luar meskipun dapat juga diputar tekan dari sisi dalam. Proses putar tekan memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan proses pres; antara lain, peralatan lebih murah, produk baru dapat dihasilkan lebih dini dan untuk produk yang sangat besar jauh lebih murah. Kerugiannya adalah upah tenaga terlatih yang lebih tinggi dan laju produksi lebih rendah. Logam nonferrous setebal 6 mm dan logam ferrous lunak hingga 5 mm dapat dibentuk dengan mudah. Toleransi sebesar $\pm 0,8$ untuk diameter 460 mm dapat dijamin dengan mudah. Proses ini sering diterapkan untuk membuat alat-alat musik, alat-alat penerangan, reflector, corong, bejana besar untuk proses-proses dan alat-alat dapur.

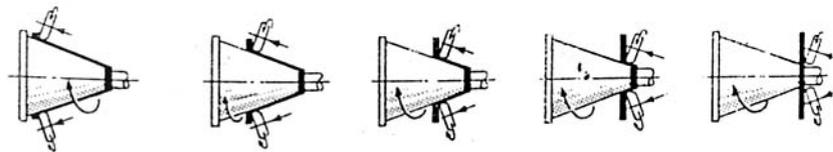


Gambar 5. Operasi putar tekan.

Proses putar-tekan-geser

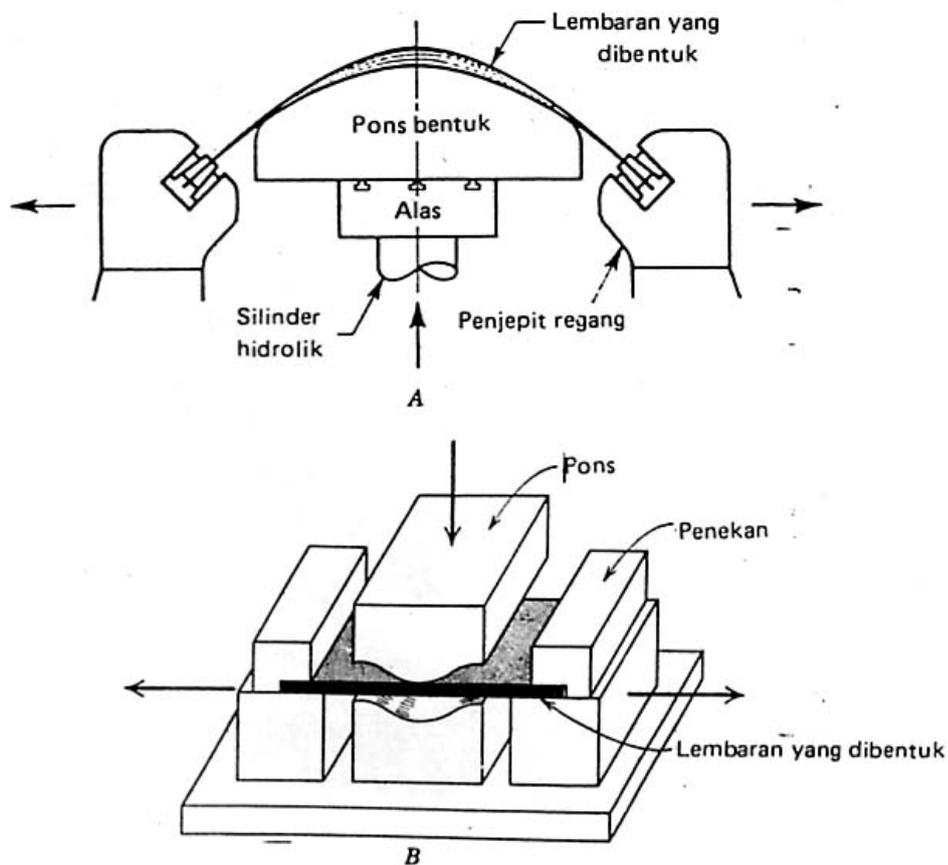
Untuk membentuk pelat yang tebal diperlukan rol penekan bermotor, menggantikan penekan tangan biasa, operasinya disebut proses putar tekan geser. Langkah-langkah operasi putar tekan geser bisa dilihat pada gambar 6. Mula-mula pelat ditekankan pada madril oleh pemegang. Rol ditekankan pada pelat sehingga pelat terdesak

mengikuti bentuk madril dan tebal untuk keseluruhan benda sama. Tebal benda = tebal pelat mula dikalikan $\sin \alpha/2$, di mana α merupakan sudut puncak konis. Pada proses putar tekan geser, logam menipis secara merata, proses deformasi merupakan kombinasi dari pengerolan dan ekstrusi. Keuntungan dari proses ini adalah : bahan/benda lebih kuat, menghemat bahan, murah biayanya dan penyelesaian permukaan yang mulus.



Gambar 6. Langkah-langkah pembuatan bejana konis dengan proses putar-tekan geser dari benda tebal berupa pelat.

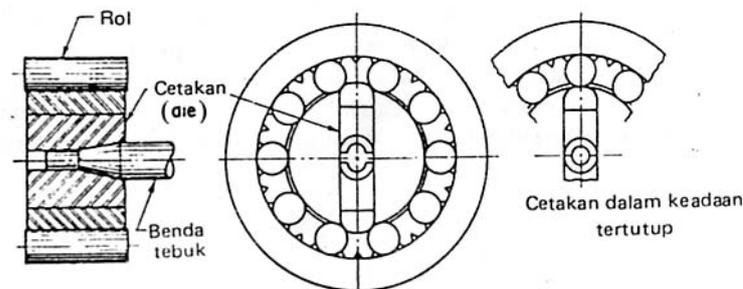
Proses tekan tarik



Gambar 7. Proses tekan tarik.

Lembaran logam dibentuk dengan proses tarik, khususnya untuk bentuk simetris atau lengkung (gambar 7). Die dipasang pada ram dan die dapat bergerak dalam arah vertikal. Lembaran logam dijepit dan penjepit dapat bergerak secara horizontal. Gaya die dan penjepit berkisar antara 0,5 s/d 1,3 MN. Lembaran ditarik dan tegangan dalam lembaran melampaui batas elastis, sementara itu die memberi bentuk pada lembaran. Terjadi penipisan pada lembaran dan selesainya proses pembentukan terjadi aksi pegas balik. Proses ini dapat dimanfaatkan baik untuk jumlah produk yang sedikit maupun banyak dan die cetak dapat dibuat dari kayu, plastik atau baja. Cara ini sangat cocok untuk melengkungkan bagian yang besar dari berbagai jenis logam. Kerugian logam cukup tinggi, karena bahan harus dijepit dan tepi harus dipotong. Proses ini dimanfaatkan untuk membuat panel baja, penutup mesin, tutup bagasi dan pintu pada industri kendaraan bermotor. Di samping itu lembaran titanium dan baja tahan karat dapat dibentuk dengan proses tarik tekan.

Penempaan dingin



Gambar 8. Cara kerja mesin tempa dingin.

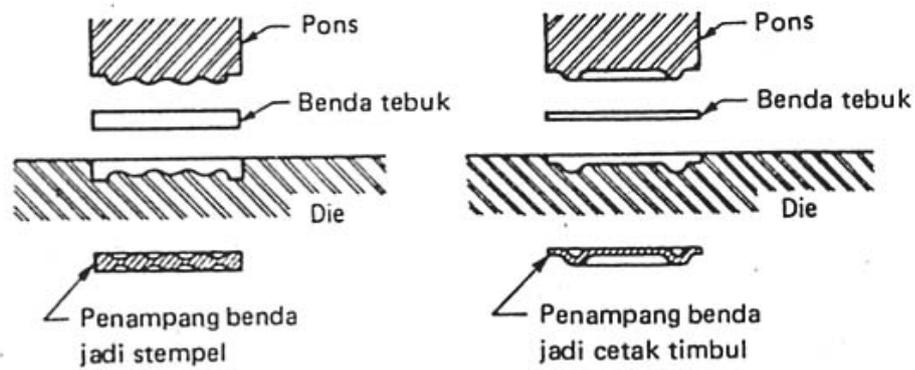
Pekerjaan dingin dengan gaya tekan atau gaya kejut (impak) sehingga dapat mengubah bentuk logam sesuai dengan cetakan disebut penempaan dingin. Logam akan mengisi rongga cetakan atau dapat juga mengalir dalam arah yang membuat sudut tertentu dengan arah gaya. Penempaan ukuran (sizing), merupakan bentuk penempaan dingin yang paling sederhana, operasi ini meliputi penekanan benda tempa, benda cor atau potongan baja tertentu, dengan tujuan

memperoleh toleransi ukuran permukaan yang rata. Penempaan dingin putar, dimanfaatkan untuk mengurangi ukuran ujung batang dan tabung dengan cetakan putar yang dapat dibuka-tutup dengan cepat. Pembuatan kepala baut, paku keling, dan lain-lain yang dilakukan dengan mesin pembuat kepala, merupakan suatu bentuk penempaan dingin. Penempaan-intra adalah proses pembentukan dimana mandril ditekankan ke dalam logam dengan tekanan 4000 MPa atau kurang untuk menghasilkan konfigurasi intern.

Stempel dan cetak timbul

Operasi stempel dilakukan dalam cetakan sedemikian sehingga logam tidak dapat mengalir dalam arah lateral. Diperoleh konfigurasi pada permukaan benda tebuk yang tipis, seperti mata uang. Untuk itu diperlukan mesin pres khusus bertekanan tinggi, dan diterapkan pada logam-logam tertentu yang lunak.

Cetak timbul sesungguhnya merupakan proses penarikan atau perenggangan dan tidak memerlukan tekanan yang tinggi seperti pada proses stempel. Pons yang digunakan mempunyai lekukan sehingga hanya menyentuh sebagian dari bahan tebuk. Cetak timbul diterapkan untuk membuat pelat nama, medali, tanda pengenal dan perhiasan atau kerajinan dari lembaran logam yang tipis. Gambar cetak timbul, muncul dari logam yang digunakan. Pons dan die mengikuti konfigurasi yang sama sehingga logam akan tertekan tanpa terjadi perubahan ketebalan yang berarti. Pada cetak timbul rotary digunakan cetakan berupa silinder untuk lembaran dan foil.. Gambar 9 memperlihatkan proses stempel dan proses cetak timbul.



Gambar 9. Proses stempel dan cetak timbul.

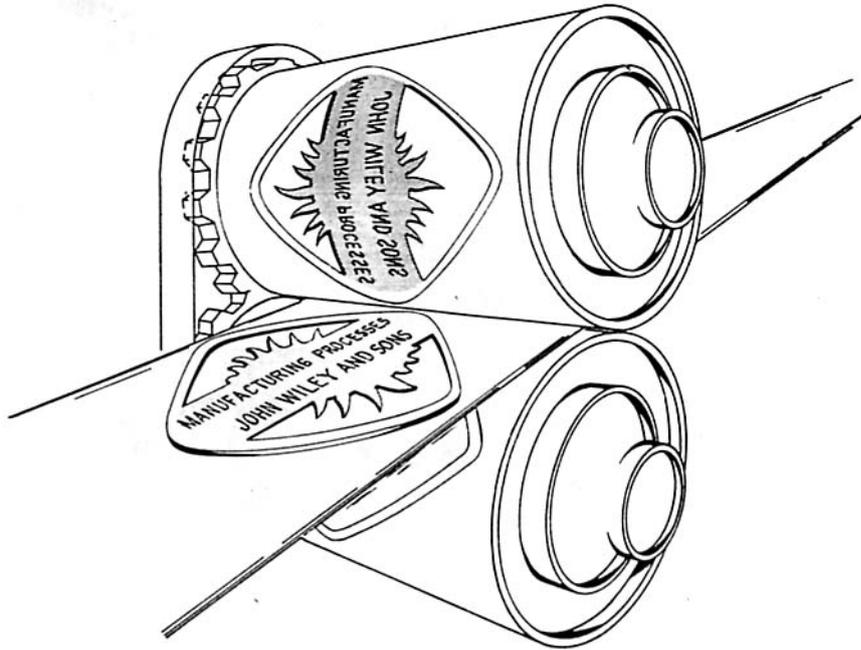
Keling dan Tagan (staking)

Keduanya merupakan proses penyatuan dua bagian atau suku cadang seperti terlihat pada gambar 11. Pada proses keling, bagian yang akan dijadikan satu dibor, kemudian dipasangkan paku keling yang kemudian ditekan dengan pons.

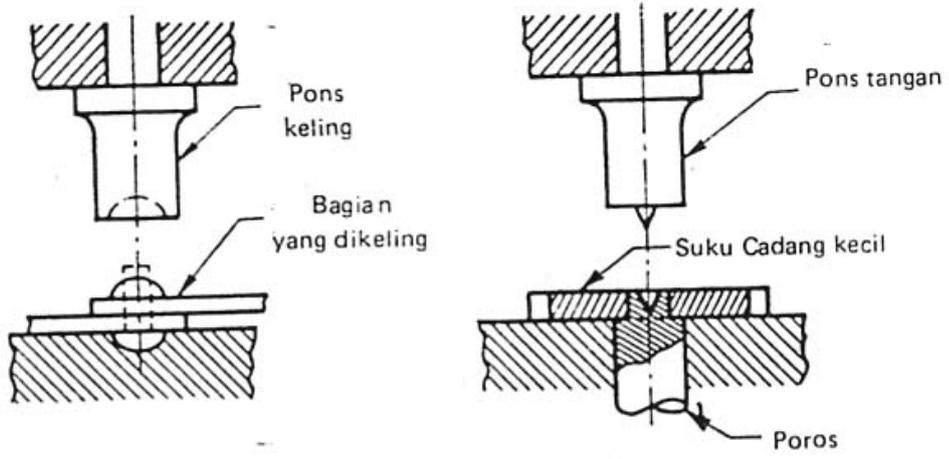
Tagan adalah operasi serupa hanya disini tidak dipergunakan paku keling. Bagian yang satu dengan yang lainnya ditekan sehingga terpasang dengan erat. Pons tagan yang dipergunakan dapat berbentuk tajam seperti pada gambar 11, atau berbentuk cincin dengan tepi yang tajam. Keduanya hanya memerlukan tekanan yang tidak terlalu besar dan dapat dilakukan dengan mesin pres kecil.

Pembentukan Rol

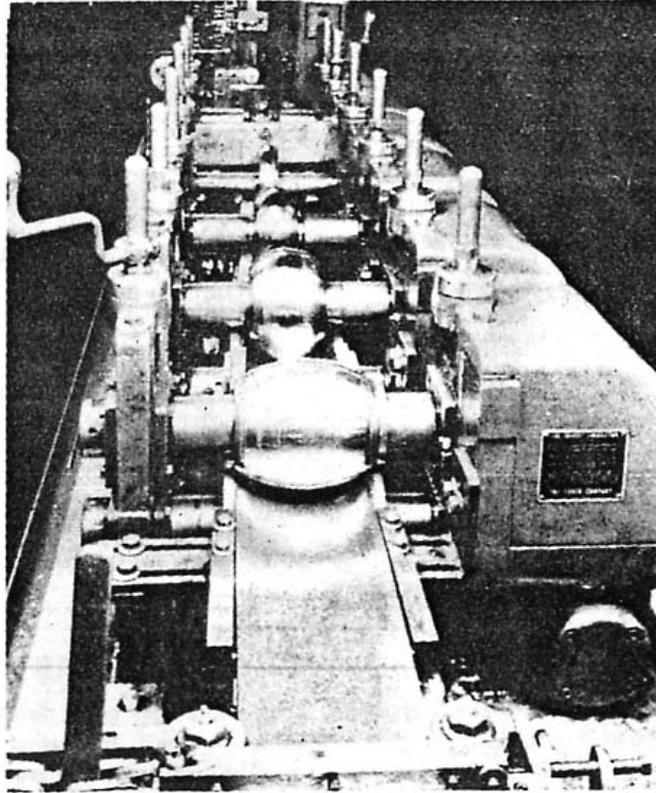
Mesin pembentukan rol dingin terdiri dari pasangan rol yang secara progresif memberi bentuk pada lembaran logam yang diumpankan secara kontinu dengan kecepatan 18 sampai 90 m/menit. Lihat gambar 12.



gb. 10. Cetak – timbul rotasi



gambar 11. Keling dan tangan, dua proses yang berbeda



Mesin rol dingin untuk membuat pipa. Strip logam, berasal dari gulungan (tidak tampak) masuk ke dalam mesin, dan dirol sehingga berbentuk pipa oleh lima pasang rol sebelum dilas.

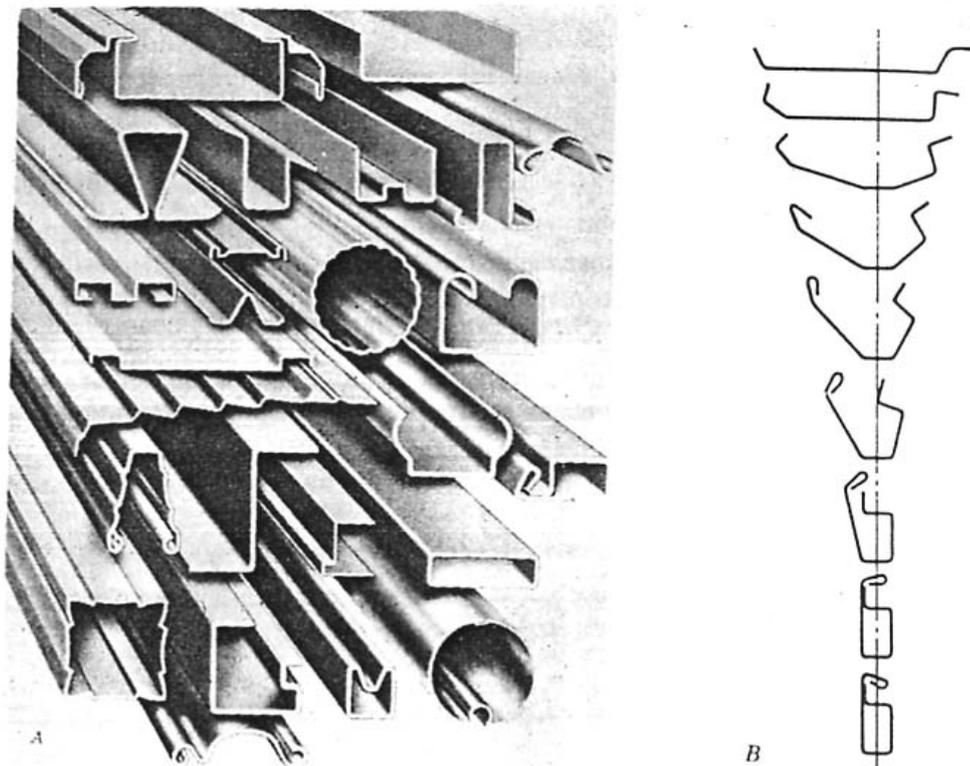
Gambar 12.

Pada gambar 13 tampak berbagai jenis profil logam yang dapat di hasilkan dengan proses pembentukan rol. Pada gambar B tampak tahap pengerolan untuk membentuk rangka tutup jendela. Dan mesin standar, untuk pembentukan baja lunak, umumnya mampu mengerjakan lembar setebal 4 mm dengan lebar 400 mm. Untuk lembaran yang lebih tebal dan lebar di gunakan mesin khusus. Proses ini cepat dan mampu mengasilkan produk dengan tebal yang sama.

Pelengkungan Pelat

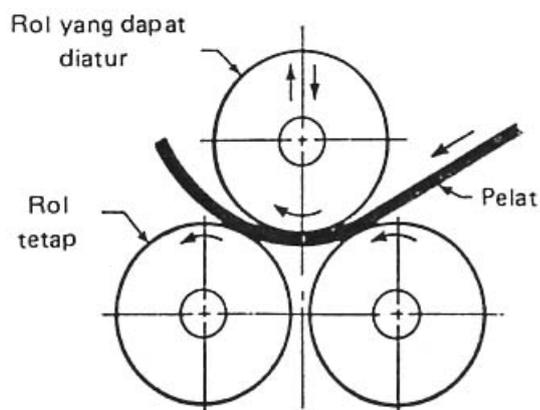
Pada gambar 14 tampak mesin pelengkungan pelat untuk memberikan bentuk silindris. Mesin ini terdiri dari tiga rol yang berdiameter sama. Dua buah diantaranya tetap dan yang satu lagi dapat diatur letaknya. Pelat logam masuk diantaranya dan terjadilah pelengkungan. Diameter

akhir dapat diatur dengan mengatur letak rol ketiga, makin dekat dengan rol tetap, makin kecil diameter akhir. Alat ini sederhana, dan terdapat dalam berbagai ukuran dari yang tipis sampai yang berukuran 30 mm.



r 13.21. Profil yang dapat dibuat dengan proses rol dingin. A. Berbagai profil dari gulungan strip logam. B. Urutan tahap pembuatan rangka jendela.

Gambar 13.



Gambar 14. Pelengkungan pelat

5.2. PROSES PEMBENTUKAN BERENERGI TINGGI

Proses pembentukan berenergi tinggi (high energy rate forming HERF), mencakup beberapa proses berkecepatan tinggi dan bertekanan sangat tinggi. HERF atau pembentukan berkecepatan tinggi meliputi proses pemberian energi dengan kecepatan tinggi pada benda kerja, dengan demikian ukuran peralatan dapat di perkecil.

Tabel 1 kecepatan deformasi untuk berbagai proses.

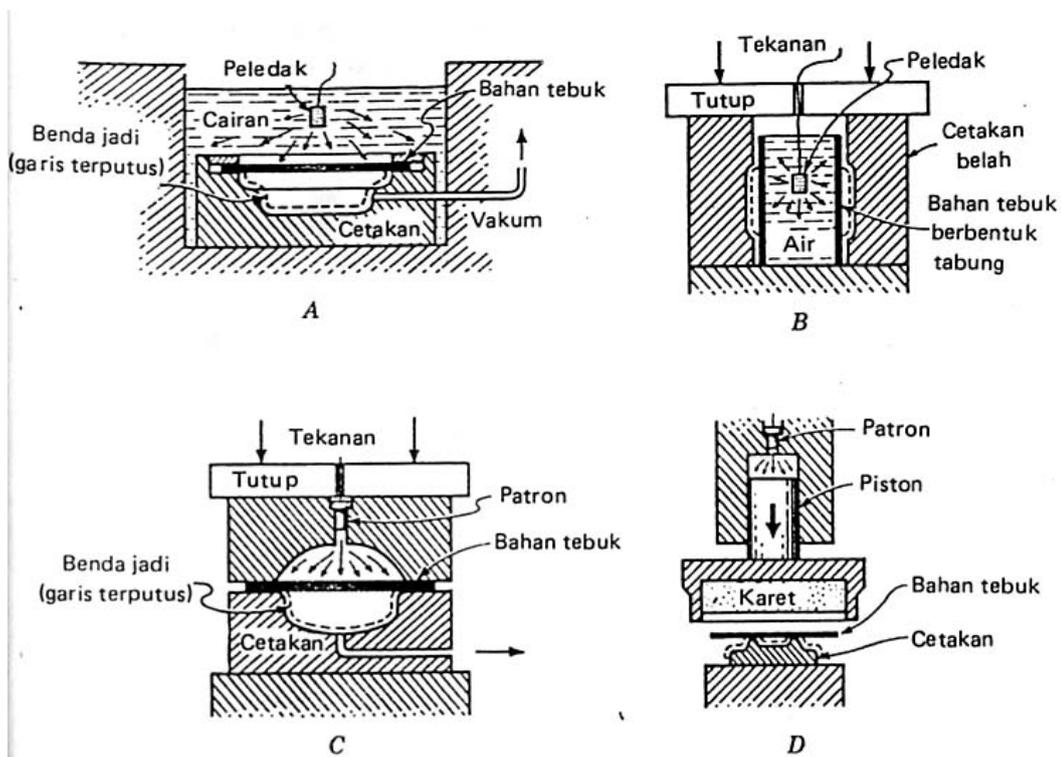
Proses	Kecepatan m / menit
Pres hidrolik	1.80
Pres rem (brake pres)	1.80
Pres mekanik	1.80-44.0
Palu (jatuh)	14.4-258.0
Ram yang digerakan dengan gas	120-4900
Ledakan	540-13800
Magnetik	1600-13800
Hidroelektro	1600-13800

Pembentukan dengan Ledakan

Berbagai cara penerapan energi dengan kecepatan tinggi telah di kembangkan, seperti pada gambar 15. Pembentukan ledakan dapat melepaskan energi dengan laju tinggi dan tekanan gas serta laju peledakan dapat diatur dengan cermat. Bahan peledak berkekuatan rendah ataupun tinggi dapat di gunakan dalam berbagai proses. Dengan bahan peledak berkekuatan rendah atau sistem patron, gas yang mengembang terkurung dan dapat mencapai kekuatan 700 Mpa. Sedangkan yang berkekuatan tinggi yang meledak dengan cepat dapat mencapai tekanan 20 kali lebih besar.

Peledakan yang terjadi di udara atau cairan akan menimbulkan gelombang kejut yang merambat dalam media antara bahan peledak dengan benda kerja. Selain dengan peledakan, tekanan gas yang tinggi dapat dihasilkan dengan ekspansi gas cair, eksplosi campuran gas hidrogen – oksigen, letupan muatan dan pelepasan gas bertekanan.

Gambar 15 C dan D menampilkan metoda pemuaiian gas. Pada C gas menekan benda kerja dan memaksanya mengikuti bentuk cetakan. Pada D gas menekan piston yang kemudian menekan karet yang menekan bahan tebuk kecetakan dan proses ini berlangsung sangat cepat.

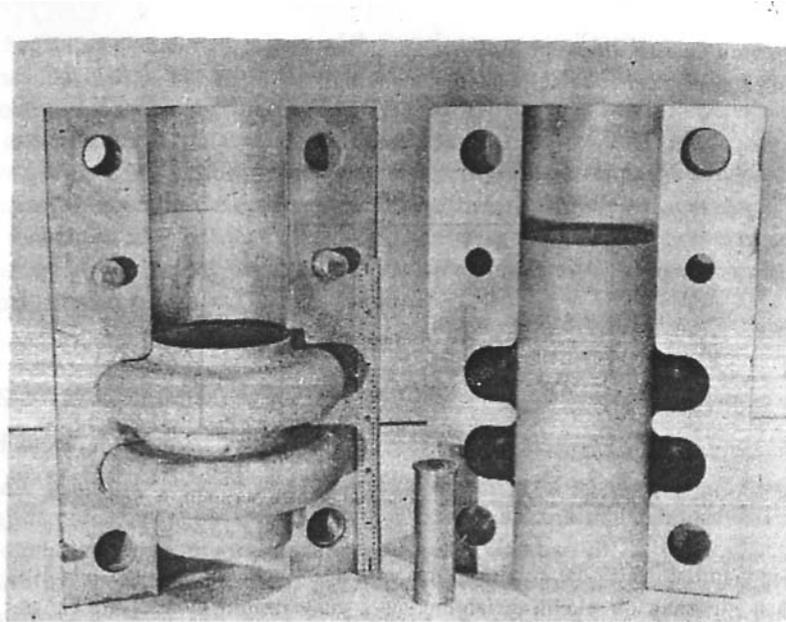


Gambar 13.24. Cara pembentukan berenergi tinggi. A. Pembentukan dengan penekanan cairan secara langsung, B. Operasi pengembangan, C. Pembentukan dengan tekanan gas secara langsung, D. Palu yang digerakkan oleh gas.

Gambar 15.

Pipa berdidinding tipis dapat dibentuk dengan peledakan dengan menggunakan serbuk yang meletup. Gas yang mengembang

terperangkap dalam pipa memaksa pipa mengikuti bentuk cetakan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Pipa yang dibentuk menjadi “bellow” dengan menggunakan peluru kaliber 12.

Pembentukan Elektrohidrolik

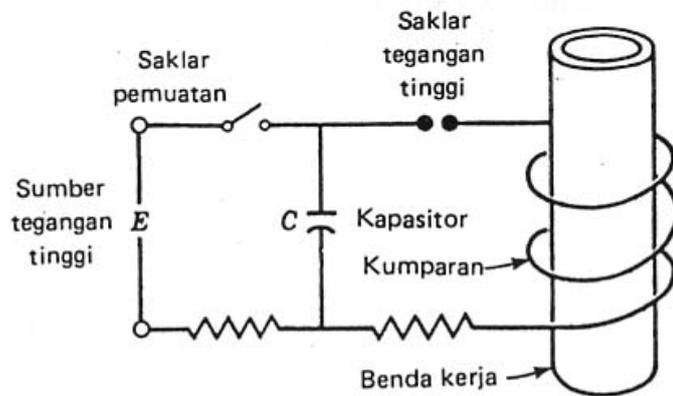
Pembentukan elektrohidrolik atau pembentukan dengan busur api listrik adalah suatu proses dimana energi listrik langsung diubah menjadi kerja. Peralatan untuk pembentuk proses ini sama dengan gambar 15 A dan B, dengan catatan tekanan berasal dari busur api listrik. Serangkain kondensator mula-mula diberi muatan tegangan tinggi kemudian dicetuskan busur api antara dua elektroda yang berada dalam larutan bukan penghantar. Ini akan menghasilkan gelombang kejutan yang merambat dalam arah radial dari busur api dengan kecepatan tinggi sehingga terjadi gaya yang cukup besar untuk menekan benda kerja. Proses ini aman, dan pelepasan energi dapat dikendalikan dengan cermat.

Pembentukan Magnetik

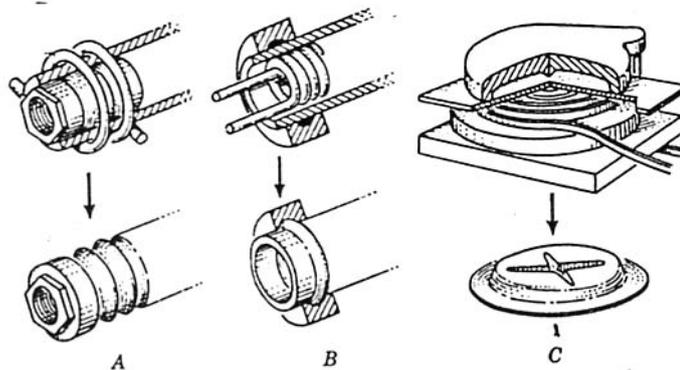
Pembentukan magnetik merupakan contoh lain dari konversi energi listrik. Mula-mula cara ini diterapkan pada operasi penempaan memasang fitting pada ujung tabung atau terminal pada ujung kabel. Perkembangan terakhir meliputi : embos, pemotongan, pembentukan dan penarikan, semuanya menggunakan sumber energi yang sama dengan kumparan yang berbeda.

Gambar 17 memberikan gambaran mengenai cara kerja pembentukan elektro magnetik. Mula-mula kondensator yang dirangkai secara paralel diberi tegangan E . Setelah saklar tegangan tinggi dipasang, energi yang terhimpun mengalir melalui kumparan, menghasilkan medan magnet yang sangat kuat. Medan ini menimbulkan arus induksi pada benda kerja yang konduktif yang terletak didalam atau dekat dengan kumparan, dan menghasilkan gaya pada benda kerja.

Pada gambar 18 digambarkan tiga cara kemungkinan perubahan bentuk. Pada A kumparan dipasang disekeliling tabung, gaya yang timbul mendorong bahan menyatu dengan erat di sekeliling tabung. Prinsip yang sama berlaku bila cincin dari bahan pengantar ditempatkan disekitar ujung kawat. Bila kumparan ditempatkan didalam benda kerja seperti di B, gaya yang timbul akan mendesak bahan tabung mengikuti bentuk kelepak (collar). Dengan merubah disain kumparan , lihat C, pelat datar dapat mengalami cetak timbul atau dipotong. Proses ini diterapkan untuk membuat benda-benda halus seperti menekankan skala alumunium pada knop plastik.



Gambar 17. Skema suatu rangkaian elektro magnetik



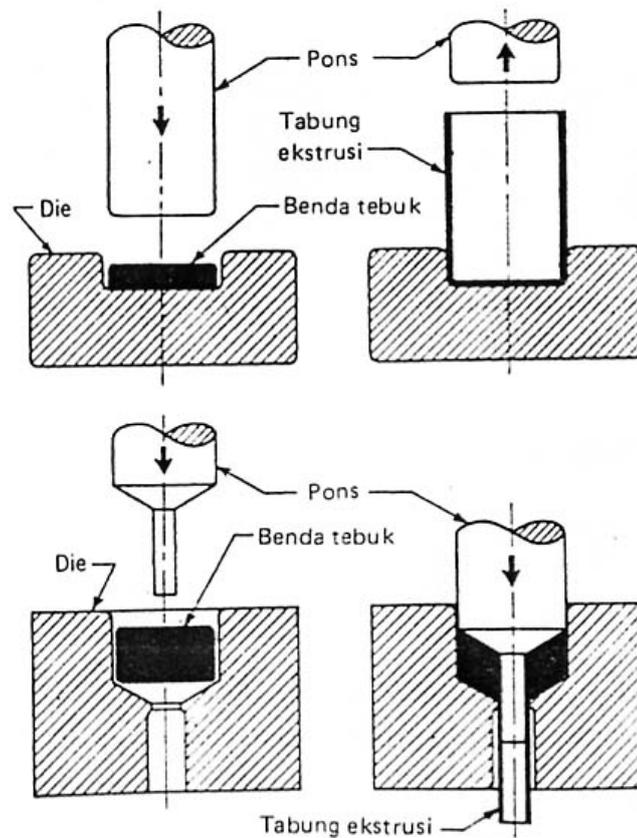
Gambar 18. Berbagai cara pembentukan magnetik.

PROSES-PROSES LAIN

Ekstrusi Impak

Salah satu contoh penerapan ekstrusi impak adalah pada pembuatan tube pengemas tapal gigi dan sejenisnya. Tabung yang sangat tipis ini dihasilkan dengan menekan bahan tebuk berbentuk tablet, seperti pada gambar 19. Penekanan dengan sekali jalan mengenai tablet, karena gaya cukup besar, logam tertekan keatas disekitar penekan.

Diameter luar tabung sama dengan diameter cetakan dan tebalnya sama dengan selisih antara penekan dan cetakan.



Gambar 19. Ekstrusi impak dingin untuk logam.

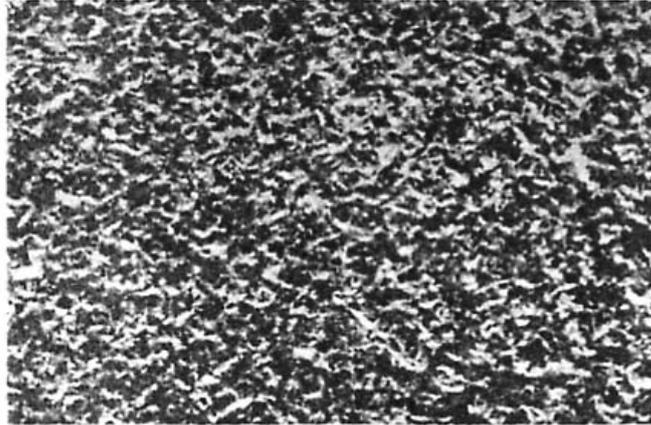
Tabung pada gambar 19 mempunyai ujung yang datar, bentuk yang dapat dibuat tergantung pada rongga cetakan dan ujung penekan. Bahan tebuk untuk kemasan tapal gigi mempunyai lubang yang kecil ditengah dengan rongga cetakan dibentuk sedemikian sehingga membentuk leher tabung. Sewaktu penekan ditarik keatas tabung dilepaskan dengan udara tekan. Operasi keseluruhannya berjalan otomatis, dalam waktu satu menit dapat dihasilkan 35 sampai 40 tabung. Kemudian tabung diberi ulir, diperiksa, dipotong, diberi cat dan diberi tulisan-tulisan. Biasanya digunakan seng, timah hitam, timah dan paduan alumunium. Dapat juga dilapisi bahan tertentu, untuk memungkinkan hal tersebut, bahan pelapis dijadikan satu dengan bahan tebuk.

Pada bagian bawah gambar 19 digambarkan proses Hooker untuk membuat tabung kecil dan selongsong peluru. Bahan tebuk terdiri dari silinder kecil, sama dengan proses ekstrusi impak, akan tetapi disini logam didorong kedepan melalui lubang cetakan. Ukuran dan bentuk tabung ditentukan oleh ruang antara penekan dan rongga cetakan. Tabung tembaga dengan ketebalan 0,10 sampai 0,25 mm dengan panjang 300 mm dapat dibuat dengan cara ini.

Penumbukan Peluru (shot peening)

Metoda pengerjaan ini dikembangkan untuk meningkatkan daya tahan fatik logam, dengan memberikan tegangan tekan pada permukaan logam. Peluru halus, disebarkan dengan kecepatan tinggi mengenai permukaan. Lalu meninggalkan jejak halus yang mengakibatkan terjadinya aliran plastik pada permukaan logam sedalam seperatusan mm. Regangan plastik ini dihalangi lapisan dibawahnya yang cenderung kembali ke keadaan semula dengan demikian dihasilkan lapisan luar dengan tekanan dan dibawahnya lapisan dengan tegangan. Selain itu akibat adanya pengerjaan dingin, permukaan lebih keras dan lebih kuat. Pengaruh adanya tekanan pada lapisan luar membawa pengaruh positif terhadap daya tahan fatig.

Penumbukan peluru dilakukan dengan hembusan udara atau secara mekanik. Pada unit mekanik, peluru kecil dilontarkan oleh gaya sentrifugal ke benda kerja dengan kecepatan yang tinggi. Permukaan hasil penumbukan peluru, dapat dilihat pada gambar 20. Kehalusan permukaan dapat diatur dengan mempergunakan ukuran peluru yang berbeda-beda. Penumbukan peluru yang berlebihan hendaknya dihindarkan oleh karena hal ini justru akan menurunkan kekuatan baja.



Bentuk permukaan baja dengan kekerasan Rockwell C 45 telah mengalami penumbukan peluru. Di sini digunakan mesin Wheelabrator berdiameter 500 mm dengan kecepatan 2250 rpm.

Gambar 20.