

## HADDE DÖKÜMÜ, HADDE SEÇİMİ VE HADDEYE GELEN YÜKLER

Erdoğan ALKAN \* )

### ÖZET :

Her geçen gün biraz daha gelişen Türkiye Çelik Sanayiinde sıcak şekillendirmenin bir kolu olan haddeleme mühim yer almaktadır. Bu makalede hadde çeşitleri, dökümü yapılacak işe göre hadde seçimi ve haddeye gelen yükler incelenmiştir.

### SUMMARY :

Rolling Is an important part of the hot working practice and is taking a great Importance in Turkish Steel Industry that is progressing day by day. Here it is tried to explain the types of the rolls, choosing the rolls for casting and the loads coming to the rolls.

### Giriş :

Merdanelerde aranan özellikler :

1. Yüksek mukavemet,
2. Darbelere (şoklara) karşı mukavemet,
3. Değişik sıcaklıklara mukavemet,
4. Anı burulma ve kesme yüküne mukavemet,
5. Deformasyon kabiliyetinin yüksekliği.

Merdane Çeşitleri :

A — Pik merdaneler:

1. Sert döküm pik merdaneler,
  - a) Tamamen sert yapılı;
    1. Az alaşımlı (55-60)\*
    2. Yüksek alaşımlı (80-70)
    3. Krom-Nikelli (75-85)
    4. Küresel grafitli alaşımlı (Sfero).
  - b) Sert yüzeyliler;
    - 1 — Alaşımlı,
      - a. Az alaşımlı (65)
      - b. Yüksek alaşımlı,
      - c. Krom-Nikel-Manganlılar (75-85)
      - d. Patenli alaşım (85-90).
    - 2 — Alaşımsız,
      - a. Düşük Karbonlu,

- b. Orta Karbonlu,
  - e. Yüksek Karbonlu.
  2. Yan sert döküm pik merdaneler (dış pik içi yumuşak çelik),
  3. Esmer döküm (kır döküm) pik merdaneler.
    - a) Alaşımlı,
    - b) Perlitik dokulu.
- B — Çelik Merdaneler :
- a) Katıksız çelik malzemeler (28-38)
  - b) Molibdenli çelik merdaneler (30-42)
  - c) Adomite çelik merdaneler (tngaat malzemesi çekilmesinde) (30-48)
  - d) Özel alaşımlı çelik merdaneler (35-50)
  - e) özel dökme ve alaşımlı çelik merdaneler;
    - a. içi dolu (55)
    - b. içi boş (58).

Hadde merdaneleri dökümü :

A — Pik Merdaneler:

Döküm için istenen şartlar:

1. Döküm hızının yüksek olması,
2. Gazların dışarı süratle atılması.

Merdane eksen ve boyunları kuru kumla kalıplanır ve gövde ise ince refrakter malzeme (Şamot) ile kalıplanır. Burada, kalıp cidarları % 85'i dente kumu, % 10'u grafit, % 5'i bentonitle hazırlanmış kumla boyanmalıdır. Boya kalınlığı merdane kalınlığının % 0,3 kalınlığındadır ve boyut mm. dir (Değerler kol kalıbı içine yapılan döküm içindir.)

») Metal Yük. Müh. - M.K.E.K. Çelik Fabrikası.  
\* Rakamlar Shore değerlerini göstermektedir.

## Merdane ve Kokil Kalıp Çapları Arasındaki Bağlılıklar :

| Merdane Çapı<br>mm. | Kokil Kalıp Çapı<br>mm. | Çekme Payı<br>mm. | İşleme Payı<br>mm. |
|---------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| 305                 | 323                     | 5,5               | 6                  |
| 457                 | 481                     | 8                 | 6                  |
| 610                 | 636                     | 10                | 6                  |
| 762                 | 788                     | 12                | 6                  |
| 914                 | 945                     | 15                | 6                  |
| 1067                | 1100                    | 17                | 6                  |

## Yolluk Eb'adları ve Dökme Hızları :

| Merdane<br>Çapı<br>mm. | Merdane<br>Uzunluğu<br>mm. | Merdane<br>Ağır.<br>Ton | Yolluk Çapı<br>(Tuğla tç)<br>mm | Kanal Çapı<br>(Tuğla 1\$)<br>mm. | Döküm<br>Zamanı<br>Saniye |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 863                    | 2439                       | 18                      | 114                             | 114 x 38                         | 100                       |
| 685                    | 2032                       | 9                       | 101                             | 101 x 28                         | 90                        |
| 685                    | 1422                       | 7                       | 101                             | 101 x 12                         | 80                        |
| 558                    | 1372                       | 4,5                     | 88                              | 88 x 31                          | 55                        |
| 406                    | 762                        | 1,75                    | 51                              | 69 x 25                          | 30                        |

Misâl : 1240 ^ çapında ve 4200 mm. bo-  
yunda olan merdanenin dökümü iki taraflı yapı-  
lır. Temiz bir yüzey elde edebilmek için, dö-  
külen madenin dönmesini sağlamak gerekir.  
Bu yüzden maden girişi muylu'ya teğet yapı-  
lır. Kalıp yüzeyleri iyi boyanmazsa yüzeyler  
poroziteli (boşluklu) olur.

Uzun merdanelerin dökümünde üst kısım-  
lardaki boşluktan merdanenin çekmesini ön-  
lemek için iyi beslemek gerekir.

Pik dökümün süratli dökülmesi halinde  
faydalar :

1. Merdanenin yüzeyinin düzgün çıkması-  
nı sağlar. (Döküm esnasında sıvının dönme-  
sinden).

2. Parçanın sıcak yırtılmasını önler. (Ho-  
mojen ve beraber bir kristalleşme başlar. Bu-  
nun için ya alttan beslemeli veya yatık dökül-  
melidir ve yolluktan giren sıvı maçaya dik  
değil teğetsel olmalıdır.) (Şekil: C).

## Döküm Sıcaklığı :

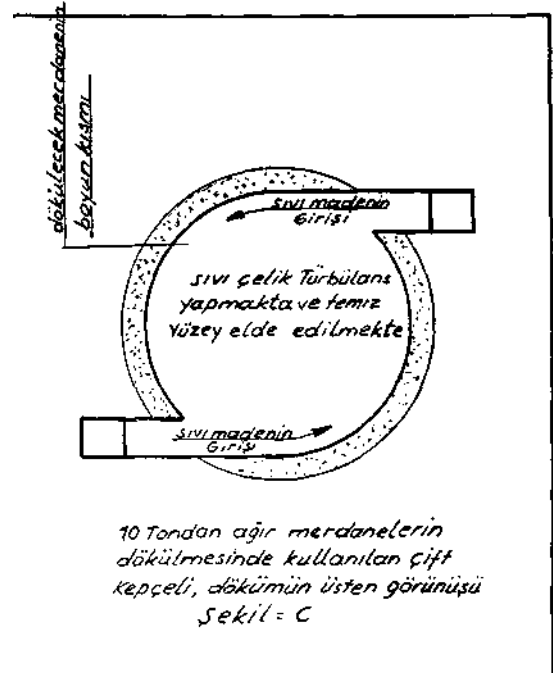
Potaya alınacak maden, normal döküm sı-  
caklığından 60 °C fazla olmalıdır. (10 Tonluk  
keçpe, dolana kadar takriben 30 °C ısı kaybe-  
der.) 20 Tonluk bir merdane için maden  
1375 °C keçpeye alınır. 1300 °C de kalıba dö-  
külür.

## Pik merdanelerde aranan özellikler :

1. Bünyedeki grafitlerin homojen dağılmış  
olması,

2. Çekirdek kısmının ötektoid kompozis-  
yonda olması ,

3. Sülfürlerin düzgün dağılmış olması ge-  
reker.



## 1. Sert döküm pik merdaneler :

Bunlar 400-500 Brinell sertlikte ve (C) yüzdesi 2,8-3,3 arasındadır. Ayrıca % 2,5 Ni, Cr, Mo katarak sertliği 820 Vickers'e çıkarmak mümkündür. Kontinü haddelerde iyi netice verirler.

2. Yarı sert döküm (sert bünyeli) pik döküm merdaneler : Bunların yüzeylerinde ince grafit dağılmış olduğundan işi iyi kavrarlar ve bu yüzden saç haddesi olarak kullanılırlar.

## 3. Esmer (kır) döküm merdaneler :

Bunlar kaba (hazırlık) haddelerinde ve inşaat çeliği haddesi olarak kullanılırlar.

## 4. Küresel grafitli (sfero) döküm merdaneler :

Mukavemetleri diğerlerine nazaran 3 misli daha fazladır, alaşımlı çelik haddelemede kullanılırlar.

## B — Çelik Merdaneler :

Aranan özellikler:

- Mekaniksel mukavemet,
- Aşınmaya karşı mukavemet,
- Sıcaklık değişimine karşı mukavemet.

Döküm şartları :

- Süratli döküm.
- Başlık seviyesine kadar alttan, sonra üstten döküm.
- Büyük dökümler için, seyyar ark ocağı kullanarak dökümün anı katılaşmasına mani olunmalıdır.
- Kalıplar için, kaya kumu ile İslah edilen meydan kumları (kullanılmış kum) dolgu maddesi olarak kullanılır.

Astar olarak ise, % 10-15 bentonit ihtiva eden sentetik kum kullanılır. Ayrıca yüzeye zirkon süspansiyonu sürülür.

Dereceleri Kurutma : 200 °C de 24 saat bekletilir, sonra kalıplar kapatılır ve 200 °C de 12 saat tekrar kurutulur.

Dökümden 16 saat önce döküm havuzuna yerleştirilir.

- Normal çelik merdanelerde karbon,  
min C — % 0,4  
max C — % 2,2
- Adomite tipi çelik merdanelerde, inşaat malzemesi çekiminde kullanılan merdaneler ;  
min C — % 1,3  
max C — % 2,2 değişir.

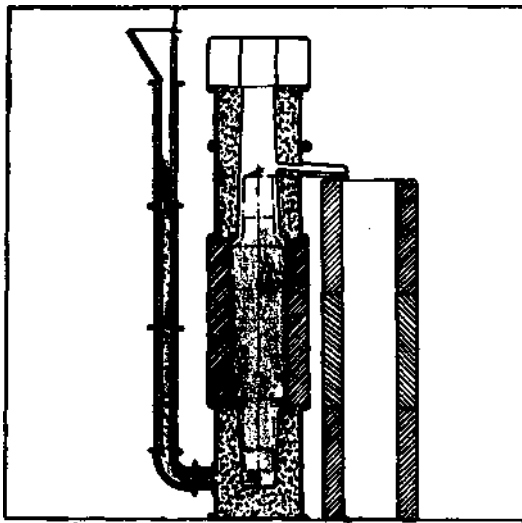
Bazı merdanelerin dökümü ikili olur. Yani önce sert metal kısım dökülür. Hemen peşinden iç kısım metali dökülür. Bu biraz daha yumuşak ve darbe tesirlerine karşı mukavimdir.

Burada esas, hadde boyunlarının yumuşak metal ile kaplanması, orta kısmın yüzeyinin ise sert metalle kaplanmasıdır.

Hadde dökümünde çeşitli ocaklar kullanılmakta isede en iyileri endüksiyon ocaklarıdır. Zira, hem dökümhane'de temiz hurda sağlanır, hemde cürufa ve sıvı çeliğe her türlü müdahale mümkündür.

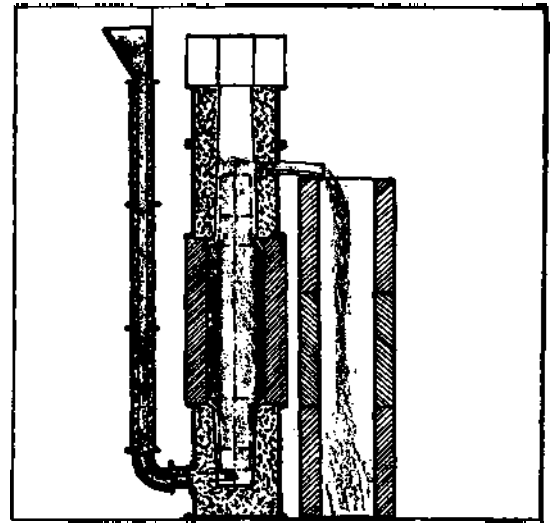
Bununla beraber, küçük ark ocakları da bu iş için çok müsaittir. Üstelik bu ocaklarda sfero döküm yapmak, son redüksiyon cürufu ile kükürte hakim olduğundan daha kolaydır.

Şekil: A'da içi, dışı aynı malzemeden bir hadde dökümünü, Şekil: B'de ise; dışı sert (ilk döküm) içi yumuşak malzemeden hadde dökümü görülmektedir.



Şi.1

$feAr//=/f$



Şi.2

$fe/ct(* &$

Son senelerde geligen teknoloji, kaba kalibreli hadde dökümünü mümkün kılmiştir, Böylece, sfero hadde dökümünde mühim bir rol oynayan çil tabakasını korumak mümkün olmuştur. Aksi halde büyük kalibrelerde bu tabaka islenip, yumuşak kısım çıkmış olurdu ki bu da hadde ömrünü çok kısaltacaktır,

### MERDANELERİN SEÇİMİ :

#### A — Çelik Malzeme Haddelenmesinde :

##### 1. İnce ve orta büyüklükte yuvarlak ve dört köşe profiller için haddeler :

|                                       |                | Sıra No.ları *) |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|
| Orta profil için<br>haddeler          | Giriş standmda | 30/20/33        |
|                                       | Orta >         | 30/34           |
|                                       | Çıkış »        | 13/21/25        |
| İnce profil için<br>haddeler          | Giriş »        | 21/30           |
|                                       | Orta »         | 14/22           |
|                                       | Çıkış »        | 14/22/27        |
| Dört köşeler için<br>haddeler         | Giriş »        | 21/30           |
|                                       | Orta »         | 14/22           |
|                                       | Çıkış »        | 2/15/22         |
| Yuvarlak için<br>haddeler             | Giriş »        | 21/19           |
|                                       | Orta »         | 2/15/22         |
|                                       | Çıkış »        | 2/4/5/6         |
| Beton direklerle<br>sağlamlaştırılmış | Çıkış haddesi  | 25              |

##### 2. Düz malzeme imalâtı için haddeler :

|   |                          | Sıra No.ları |
|---|--------------------------|--------------|
| Sieb haddeleri                                      | İki merdaneli            | 29           |
|   | iki veya üç merdaneli    | 30/36        |
| Kalın ve orta<br>profil haddeleri                   | Dört merdaneli           | 14/8/9       |
|   | İki veya üç merdaneli    | 21           |
| Daha ince profillerde<br>Geniş ve ince levhalarda : | 9/10                     | 9/10         |
|   | 4 Merdaneli Giriş standi | 8/9/35       |
|   | Orta »                   | 10/11/12     |
|   | Çıkış »                  | 9/35         |
|   | 3 ve 4 No.lu stantlarda  | 10/11        |
|   | 5, 6 varsa 7 No.lu »     | 6/11/12      |
|   | 4 Merdaneli giriş standi | 9            |
| Dar parçalar için<br>haddeler                       | 2 ve 3 » » »             | 21/35        |
|   | Çıkış standında          | 4/6/11/12    |

\*) Sıra No.ları İçin Tabloya bakınız.

|  |                                 | Sıra No.lan |
|--|---------------------------------|-------------|
| ince malzemeler için haddeler                                | İki ve 3 merdanell giriş standı | 21          |
|  | Çıkış standı                    | 11/17       |
| Yüzeyi düzeltilmiş ve sertleştirilmiş çubuklar için haddeler | (Sadece paslanmaz çelik için)   |             |
|  | iki veya 4 merdanell            | 6/12        |
| 4 MerdaneU hadde için  | Sıcak ve soğuk haddeleme        | 31          |
| gerileme haddeleri   | Sertleştirilmiş merdaneler      | 16/9        |

## B — Alüminyum, bakır ve alaşımları için haddeler :

## 1. Alüminyum alaşımlarının sıcak haddelenmesi :

|                    |                          | Sıra Nolan |
|--------------------|--------------------------|------------|
| Açma haddesi       | 4 Merdaneli              | 9          |
| Şerit haddesi      | 4 Merdaneli giriş standı | 9          |
|                    | 4 Merdaneli çıkış standı | 9          |
| Geri haddeler      | Soğuk haddeleme          | 31         |
| Yuvarlak haddeleri | Giriş standı             | 2          |
|                    | Orta stand               | 2          |
|                    | Çıkış standı             | 4          |

## 2. Bakır, pirinç ve fosfor bronzunun sıcak haddelenmesi

|                    |                     | Sıra No.ları |
|--------------------|---------------------|--------------|
| Açma haddesi       | tkl merdaneli       | 20           |
| Şerit haddesi      | iki merdaneli giriş | 20           |
|                    | iki merdaneli çıkış | 21/16        |
| Yuvarlak haddeleri | Giriş standı        | 2            |
|                    | Orta »              | 2            |
|                    | Çıkış »             | 4            |

Burada prensip, hadde çapları standart değerlere yakın olduğunda önce sathî kalibrelere açıp başlangıç standında kullanılır. Çok iyi olmamakla beraber burada da yıpranan

merdane, çap küçültülerek başka standlarda kullanılır. Fakat bu işlem sfero ve pik haddelerde sert olan çil (chill) tabakası aşındığı için iyi sonuç vermez.

| Sıra No. | C       | Si      | Mn      | Cr      | Ni           | Mo      | Brinel Sertlik | Vickers Sertlik | Shore C Sertlik | Çekme Mukav. Kg/mm: | Bükme Mukav. Kg/mmî | Darbe Mukav. Kg/mmi | Burkulmada Kesme Muk. Kg/m^m | ÇU Tabaka Derinliği       |
|----------|---------|---------|---------|---------|--------------|---------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1        | 3.3-3.6 | 0.3-0.6 | 0.1-0.3 | 0.3-0.5 | 0.3-0.6      | Max.0.1 | 425-475        | 455-515         | 60-66           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.3             | -                            | 20-40                     |
| 2        | 3.4-3.7 | 0.3-0.5 | 0.1-0.3 | 0.4-0.6 | 0.3-0.6      | Max.0.1 | 475-525        | 515-575         | 65-71           | 28-22               | 35-40               | 0.2-0.3             | 32                           | 20-40                     |
| 3        | 3.4-3.7 | 0.3-0.5 | 0.1-0.3 | 0.2-0.5 | 0.3-0.6      | 0.5-0.8 | 475-525        | 515-575         | 65-71           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.3             | -                            | 20-40                     |
| 4        | 3.5-3.9 | 0.3-0.5 | 0.1-0.3 | 0.7-1.2 | 1.2-1.6      | 0.1-0.3 | 525-575        | 575-640         | 70-76           | 18-22               | 30-40               | 0.2-0.3             | 32                           | 20-25                     |
| 5        | 3.2-3.7 | 0.3-0.5 | 0.1-0.3 | 0.8-1.6 | 3.0-5.0      | 0.2-0.5 | 575-625        | 640-705         | 75-79           | 18-22               | 30-40               | 0.2-0.3             | -                            | 20-25                     |
| 6        | 3.2-3.7 | 0.3-0.5 | 0.1-0.3 | 0.8-1.6 | 3.0-5.0      | 0.2-0.5 | 650-700        | 740-825         | 80-86           | 18-22               | 30-40               | 0.2-0.3             | -                            | 20-25                     |
|          |         |         |         |         | ( % 0.3 P )  |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |                              |                           |
|          |         |         |         |         | ( % 0.15 S ) |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |                              |                           |
|          |         |         |         |         |              |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |                              | Yorulma Mukavemeti Kg/mm2 |
| 7        | 3.2-3.4 | 1.0-1.3 | 0.3-0.5 | 0.7-1.1 | 3.5-4.0      | 0.2-0.5 | 400-450        | 425-485         | 58-63           | 22-27               | 45-50               | 0.3-0.5             | 37                           | 6.0                       |
| 8        | 3.2-3.4 | 1.0-1.3 | 0.3-0.5 | 1.0-1.4 | 4.3-4.8      | 0.2-0.5 | 450-500        | 485-550         | 63-68           | 20-25               | 40-45               | 0.2-0.4             | 35                           | 6.0                       |
| 9        | 3.2-3.4 | 0.8-1.2 | 0.3-0.5 | 1.2-1.6 | 4.5-5.0      | 0.2-0.5 | 500-550        | 550-610         | 68-73           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.4             | 35                           | 7.0                       |
| 10       | 3.1-3.3 | 0.7-1.0 | 0.3-0.5 | 1.6-1.8 | 4.5-5.0      | 0.2-0.5 | 550-600        | 610-675         | 73-77           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.4             | 35                           | 7.0                       |
| 11       | 3.1-3.3 | 0.6-0.9 | 0.3-0.5 | 1.7-2.0 | 4.5-5.0      | 0.2-0.5 | 600-650        | 675-740         | 77-81           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.4             | 35                           | 7.0                       |
| 12       | 3.1-3.3 | 0.6-0.9 | 0.3-0.5 | 1.7-2.0 | 4.5-5.0      | 0.2-0.5 | 650-700        | 740-825         | 81-86           | 18-22               | 35-40               | 0.2-0.4             | 35                           | 7.0                       |
| 13       | 3.1-3.4 | 0.8-1.3 | 0.2-0.5 | 0.5-1.2 | 2.0-4.0      | 0.1-0.5 | 375-425        | 395-455         | 55-61           | 20-25               | 45-50               | 0.2-0.4             | -                            | -                         |
| 14       | 3.1-3.4 | 0.9-1.2 | 0.2-0.5 | 0.7-1.4 | 2.0-4.5      | 0.1-0.5 | 425-475        | 455-515         | 60-66           | 20-30               | 45-55               | 0.2-0.3             | 40                           | -                         |
| 15       | 3.1-3.4 | 0.8-1.1 | 0.2-0.5 | 0.8-1.2 | 2.0-2.1      | 0.1-0.4 | 475-525        | 515-575         | 65-71           | 25-30               | 45-55               | 0.2-0.3             | 40                           | -                         |
| 16       | 3.2-3.5 | 1.2-1.5 | 0.5-0.8 | 1.2-1.4 | 3.6-3.9      | 0.3-0.5 | 475-525        | 515-575         | 65-71           | 40-45               | 60-70               | 0.3-0.5             | 68                           | -                         |
| 17       | 3.2-3.5 | 1.2-1.5 | 0.5-0.8 | 1.6-1.9 | 3.6-4.1      | 0.3-0.5 | 575-625        | 640-705         | 75-79           | 40-45               | 60-70               | 0.3-0.5             | 68                           | 18                        |
| 18       | 3.2-3.5 | 1.0-1.3 | 0.5-0.8 | 1.7-1.9 | 4.0-4.4      | 0.3-0.5 | 625-675        | 705-780         | 78-83           | 35-40               | 55-65               | 0.3-0.5             | 68                           | -                         |
|          |         |         |         |         | (% 0.15 P)   |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |                              |                           |
|          |         |         |         |         | (% 0.1 S)    |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |                              |                           |

| Sıra No. | C       | Si      | Mn      | Cr       | Ni            | Mo      | Brinel Sertlik | Vickers Sertlik | Chore C Sertlik | Çekme Mukav. Kg/mm* | Bükme Mukav. Kg/mm* | Darbe Mukav. Kg/mm* | Burkulmada Kenne Muk. Kg/m <sup>2</sup> m | Yorulma Mukav. Kg/mm <sup>2</sup> |
|----------|---------|---------|---------|----------|---------------|---------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|-----------------------------------|
| 19       | 3.3—3.5 | 1.7—2.0 | 0.5—0.7 | Max.0.10 | 1.2—2.3       | 0.0—0.3 | 300—325        | 310—340         | 45—48           | 55—60               | 90—100              | 0.7—1.2             | 68  | —                                 |
| 20       | 3.3—3.5 | 1.5—2.5 | 0.5—0.7 | Max.0.10 | 1.8—2.4       | 0.1—0.3 | 325—375        | 340—395         | 48—55           | 55—60               | 95—120              | 0.5—0.8             | 68  | —                                 |
| 21       | 3.3—3.5 | 1.3—2.4 | 0.5—0.8 | 0.1—0.3  | 1.8—2.4       | 0.1—0.3 | 375—425        | 395—455         | 54—61           | 50—60               | 75—85               | 0.3—0.5             | 65  | 24                                |
| 22       | 3.3—3.5 | 1.2—1.7 | 0.5—0.8 | 0.3—0.7  | 2.0—2.6       | 0.0—0.3 | 425—475        | 455—515         | 60—67           | 40—50               | 70—80               | 0.3—0.4             | 65  | —                                 |
| 23       | 3.4—3.6 | 2.2—2.6 | 0.1—0.4 | Max.0.1  | 3.0—3.5       | 0.7—1.0 | 300—325        | 310—340         | 45—48           | 70—75               | 120—130             | 1.5—2.0             | —   | —                                 |
| 24       | 3.3—3.5 | 1.9—2.5 | 0.1—0.4 | Max.0.1  | 3.0—3.7       | 0.7—1.0 | 325—375        | 340—395         | 48—55           | 70—75               | 120—130             | 1.0—2.0             | 65  | —                                 |
| 25       | 3.3—3.5 | 1.5—2.5 | 0.1—0.4 | Max.0.1  | 3.0—3.8       | 0.7—1.0 | 375—425        | 395—455         | 54—61           | 70—75               | 120—130             | 0.8—1.5             | 67  | —                                 |
| 26       | 3.3—3.5 | 1.4—2.4 | 0.1—0.4 | Max.0.3  | 3.0—4.0       | 0.7—1.0 | 425—475        | 455—515         | 60—67           | 65—70               | 95—110              | 0.7—1.2             | 70  | —                                 |
| 27       | 3.3—3.5 | 1.4—2.2 | 0.2—0.7 | Max.0.3  | 2.7—3.8       | 0.7—1.0 | 475—525        | 515—575         | 66—73           | 60—70               | 85—95               | 0.4—1.0             | —   | —                                 |
| 28       | 3.3—3.5 | 1.4—1.8 | 0.2—1.8 | Max.0.3  | 3.0—4.2       | 0.7—1.0 | 525—575        | 575—640         | 73—79           | 55—60               | 75—85               | 0.3—0.6             | —   | —                                 |
| 28       | 3.4—3.7 | 1.9—2.3 | 0.5—0.7 | Max.0.1  | 1.4—1.7       | Max.0.1 | 175—225        | 175—225         | —               | 55—60               | 100—120             | 2.5—5.0             | 58  | 20                                |
| SO       | 3.5—3.4 | 1.9—2.3 | 0.6—0.8 | Max.0.1  | 1.7—2.2       | 0.4—0.6 | 250—300        | 250—310         | 38—45           | 60—75               | 100—125             | 0.4—1.0             | 65  | 28                                |
| Si       | 3.2—3.4 | 1.9—2.3 | 0.5—0.7 | Max.0.1  | 4.5—5.0       | 0.4—0.6 | 275—325        | 280—340         | 42—49           | 75—90               | 140—160             | 3.5—5.0             | 75  | 24                                |
|          |         |         |         |          | ( % 0,05 P )  |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |   |                                   |
|          |         |         |         |          | ( % 0,015 S ) |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |   |                                   |
| 32       | 1.2—1.5 | 0.3—0.6 | 0.8—1.2 | 0.8—1.2  | 0.4—0.7       | Max.0.2 | 250—275        | 250—280         | 38—42           | 70—80               | 110—120             | 2.0—2.5             | 72  | 23                                |
| 33       | 1.5—1.8 | 0.3—0.6 | 0.8—1.2 | 0.8—1.2  | 0.4—0.7       | Max.0.2 | 275—300        | 280—310         | 42—45           | 60—70               | 95—105              |                     |   |                                   |
| 34       | 1.8—2.1 | 0.3—0.6 | 0.8—1.2 | 0.8—1.2  | 0.4—0.7       | Max.0.2 | 300—325        | 310—340         | 45—48           | 45—55               | 70—80               |                     |   |                                   |
| 35       | 1.2—1.5 | 0.3—0.6 | 0.8—1.2 | 0.8—1.2  | Max.0.2       | 0.2—0.4 | 300—350        | 310—370         | 45—51           | 65—75               | 110—120             | 0.6—1.2             | —   | 24                                |
| 36       | 1.2—1.5 | 1.2—1.5 | 0.7—1.0 | 0.2—0.6  | Max.0.2       | 0.2—0.4 | 275—300        | 280—310         | 42—45           | 70—90               | 100—140             | 2.0—3.0             | —   | —                                 |
|          |         |         |         |          | ( % 0,04 P )  |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |   |                                   |
|          |         |         |         |          | ( % 0,02 S )  |         |                |                 |                 |                     |                     |                     |   |                                   |

## HADDEYE GELEN YÜKLER :

H — Hadde Yüğü ve Burkulma Yüğü'nün Ekelund Formülü ile Hesabı :

Bu formül dikdörtgen, kare kesitli veya düz iş haddeleyen haddelerde kullanılır. Burada malzemenin enine yayılması serbest kabul edilmektedir.

- $h_j$  = Malzemenin giriş kalınlığı (mm.)  
 $l^{\wedge}$  = Malzemenin çıkış kalınlığı (mm.)  
 $b_1$  = Malzemenin giriş genişliği (mm.)  
 $b_2$  = Malzemenin çıkış genişliği (mm.)  
 $R$  = Kalibrenin dibinden merkeze olan mesafe (mm.)  
 $V$  = Kalibrenin en derin kısmının çevresel hızı (mm/sn)  
 $C$  = Yüzde Karbon değeri  
 $Mn$  = Yüzde Mangan değeri  
 $Cr$  = Yüzde Krom değeri  
 $t$  = Malzemenin haddeye girdiği sıcaklık ( $^{\circ}C$ )  
 tik olarak aşağıdaki Parametreler hesaplanır;  
 $bm$  = Malzemenin ortalama genişliği (mm.)  
 $X_o$  = Malzemenin değme - en fazla ezilme noktası arasındaki mesafe (mm.)  
 $V_h$  = Dikine ezilme hızı (mm/sn)  
 $y$  =  $t$  Derecesinde malzemenin akma muvemeti (kg/mm<sup>2</sup>)  
 $\cdot n$  = Malzemenin  $t$  sıcaklığında viskozite katsayısı (kg.sn/mmZ)  
 $[X$  =  $t$  Sıcaklığında malzeme ile hadde arasındaki sürtünme katsayısı.

Aşağıdaki formülleri kullanarak Parametreler hesaplanır;

$$bm = \frac{b_1 + b_2}{2}$$

$$X_o = \sqrt{R (h_1 - h_2)}$$

$$V_h = v \sqrt{\frac{h_1 - h_2}{R}}$$

$$Y = (14-4),01 t (1,4+C+Mn+0,3 Cr)$$

$$\eta = 0,01 (14 - 0,01 t)$$

$$\eta = (2,05 - 0,0005 t) k$$

$k$  = Haddenin kalitesine bağlıdır ve umumiyetle (0,8—1) arasında değişir.

$P$  Optimum hadde yükü (kg/mm<sup>2</sup>)

$m$  Sürtünme toleransı

$$P = Y + \eta \left[ \frac{h_1 + l^{\wedge}}{2} \right]$$

$$m = \frac{1,6 \mu \sqrt{R (h_1 - h_2)} - 1,2 (h_1 - h_2)}{h_1 + h_2}$$

$P_v$  = Hadde üzerine düşen yük (kg/mm<sup>2</sup>) aşağıdaki değerden bulunur.

$$P_v = P (1 + m)$$

Sonuç olarak;

$$P = \text{Toplam yük}$$

$$P = P_v \cdot b \cdot X_o$$

Eğer (kalibre çukurundaki) toplam yükü hesaplırsak, ortalama kalınlık olarak

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

formülünün tatbik edilmesi gerekir.

$$P = Y + 2 \cdot \frac{V_h}{h_1 m + 2a}$$

bu zaman,

$$m = \frac{1,6 [X V R (h_1 - h_j) - 1,2 (h_j - h_2)]}{h_1 m + h_2 m}$$

Aşağıda  $h$  için verilen değerler kullanılır.

Gotik çukurlar = 0,63  $h$

Elmas çukurlar = 0,55  $h$

Yuvarlaklar = 0,78  $h$

Ovallar için = 0,67 — 0,85  $h$

Kareler için = 0,50 — 0,65  $h$

Buradaki  $h$  kesitin max. kalınlığıdır.

Çizimle Çözüm (Nomgoram ile çözüm)

Misâl:

Haddenin çapı :  $D = 1050$  mm.

$$h_1 = 72,1 \text{ mm.}$$

$$h_2 = 66,1 \text{ mm.}$$

$$h_1 - h_2 = 5,9 \text{ mm.}$$

$$bm = 2540 \text{ mm.}$$

$$t = 1100 \text{ }^{\circ}C$$

$$V = 2,9 \text{ m/sn}$$

$$C = \% 0,36$$

$$Mn = \% 0,66$$

1. Şekil: 5 teki diyagramın orta kısmındaki mutlak daralma (absolute draught)  $h_j - h_j = 5,9$  mm. den hadde çapı (roHdia-meter) üzerinden 1050 mm. ye birleştir. Bunun  $a$  doğrusunu kestiği  $a$  noktasını malzeme sıcaklığı olan (temperature of stock) 1100  $^{\circ}C$  birleştir. Bu doğrunun  $A$  doğrusunu kestiği noktadan 3 No.lu dik inilir ve bunun  $I$  eğrisini kestiği noktadan  $B$  doğrusuna dik inilir. Bu nokta ile  $h_j - h_2 = 5,9$  noktası birleştirilerek 5 No.lu doğru ve bunun  $C$  doğrusunu kestiği noktadan  $l^{\wedge} = 66,1$  noktası birleştirilerek 6 No.lu doğru bulunur. Bunun  $D$  doğrusunu kestiği yer ile  $h_j = 72,1$  mm. birleştirilerek 7 No.lu ok bulunur. 7 No.lu okun  $h_j$  yi kestiği



noktadan dik çıkılarak 8 No.lu okun m No.lu eğriyi kestiği b noktası bulunur ve b noktasından 5 doğrusuna dik çıkılır. Dikin β doğrusunu kestiği c noktası bulunur. Sonra 7 No.lu okun h, kestiği nokta ile 6 No.lu okun h<sub>2</sub> yi kestiği noktalar birleştirilip uzatılarak 10 No.lu ok bulunur. Bunun E doğrusunu kestiği noktadan dik çıkılır ve 11 No.lu okun II No.lu eğriyi kestiği d noktası bulunur, d Noktasından 8 doğrusuna dik inilerek 12 No.lu ok bulunur, (e noktası), e ile c birleştirilerek f noktası bulunur (13 No.lu okun 8 kestiği nokta), f Noktası ile torn = 2540 noktası birleşerek 14 No.lu ok bulunur. 14 No.lu okun β doğrusunu kestiği g noktası m noktası ile birleştirilip uzatılarak 15 No.lu ok bulunur, bm üzerindeki h noktası 1 No.lu okun a doğrusunu kesim noktası olan o noktası birleştirilir. Bu doğrunun mutlak daralma (h<sub>j</sub> - h<sub>j</sub>) kestiği i noktası bulunur.

2. Sonra yukardan 0,66 mm. değeri (17 No.lu ok) konarak Krom yüzdesinin (burada sıfır) kestiği noktadan dik inilerek 18 No.lu ok bulunur. C = 0,36 alınarak 19 No.lu ok bulunur. Bunun F doğrusunu kestiği nokta ile K noktası birleştirilerek 20 No.lu ok bulunur. G Doğrusunu 20 No.lu okun kestiği noktadan dik çıkılarak kütük sıcaklığım (1100 °C) kesilir. Buradan e doğrusuna dik inilir ve J noktası bulunur.

3. Tekrar h<sub>j</sub> üzerinden 66,1 mm. alınarak h<sub>j</sub> = 72,1 ile birleştirilir ve 23 No.lu okun L doğrusunu kestiği noktadan dik çıkılarak 24 No.lu ok bulunur. Bu noktadan dik çıkılarak 25 No.lu ok bulunur, (k noktası)

4. Sonra h<sub>j</sub> - h<sub>2</sub> = 5,9 alınarak (en üstten) hadde çapı 1050 ile birleştirilerek 26 No.lu ok bulunur. Bunun X doğrusunu kestiği 1 noktasından hadde hızı = 2,9 m/sn. birleştirilir ve bunun p, doğrusunu kestiği m noktasında kütük sıcaklığı 1100 °C birleştirilerek 28 No.lu ok bulunur. Bu okun hadde hızı doğrusunu kestiği noktadan 3 No.lu paragrafta bulunan k noktası birleştirilerek 29 No.lu ok bulunur. Bu okun O doğrusunu kestiği noktadan dik çıkılarak 30 No.lu ok bulunur. Sonra 31 No.lu ok bulunur ve bu okun P doğrusunu kestiği 2 No.lu paragraftaki J noktası birleştirilerek 32 No.lu ok bulunur. Bu okun R doğrusunu kestiği noktadan dik çıkılarak 33 No.lu ok bulunur. Tekrar 34 No.lu okun n doğrusunu kestiği n noktası bulunur, n Noktası ile 1 No.lu paragrafta bulunan t noktası birleştirilerek O noktası bulunur. O Noktası ile H noktası birleştirilip uzatıldığında hadde yükünü kestiği değer bizim aradığımız değer olup P = 1300 tondur.

Haddelerin Burkulma Yükleri için Sims Formülü :

Ekelund Formülündeki gibi

$$P = P_v \cdot b \cdot X_o \text{ ddr.}$$

Mc Crum ve Cook bunu daha basit olarak değiştirdiler. (Şekil: 1)

$$P = R_l \cdot J_p \cdot C_p \cdot b$$

R<sub>l</sub> = Haddenin deforme olduktan sonraki yan çapıdır.

Böylece hadde aralığındaki gerçek çapı büyüktür.

$$J_p = \sqrt{\frac{1-r}{1+r}} \cdot P$$

r = Rölative daralma = ————>—

»4

Cook ve Mc Crum J<sub>0</sub> nin fonksiyonu olarak ezilme miktarını redüksiyon sıcaklığı 900 — 1200 °C geniş sınırlar içinde hazırladılar. (Şekil: 4).

$$C_p = \sqrt{\frac{h_2}{R_l} \cdot \frac{r}{1+r}} \cdot Q_p$$

Burada Q birimsiz ve r, R'/h<sub>j</sub> bağlı Parametredir.

Cook ve Mc Crum C nin R'/h<sub>j</sub> kargı diyogramlarını çizmişler. Bu çizimde r = 0,5 kadardır^

Burada inç sistemi kullanmışlardır. (Şekil: 3).

1 — Burada birinci kabul R<sub>l</sub> = R kabul edilmiştir. (Şekil: 2) de saniyedeki ezilme miktarları okunabilir.

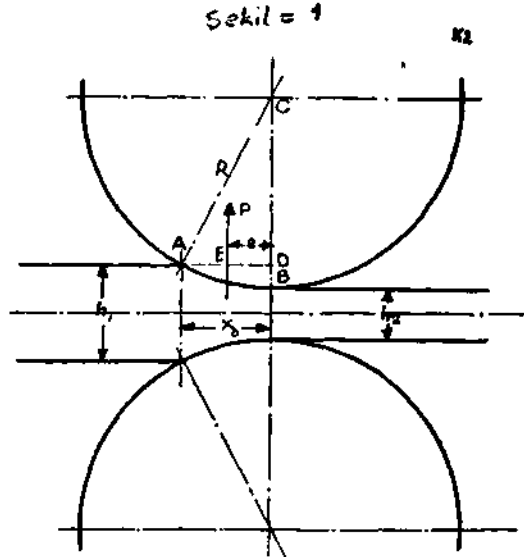
2 — (Şekil : 3) de r ve R'/h<sub>2</sub> karşı C<sub>p</sub> değerleri görülür.

3 — (Şekil: 4) de ise r ve X J nin determinantı çelik sıcaklığı ve sıcaklık sorusu için J paslanmaz çelikler (18/8) 1100 °C de sade bir misâl gösteriyor.

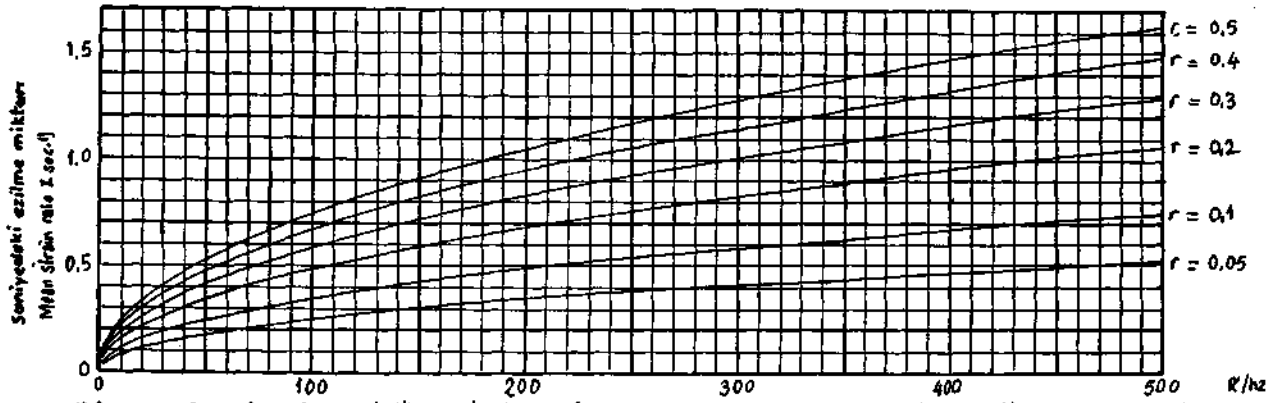
4 — Sonuç: Hadde yükü hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır:

$$P = R_l \cdot J_p \cdot C_p \cdot b$$

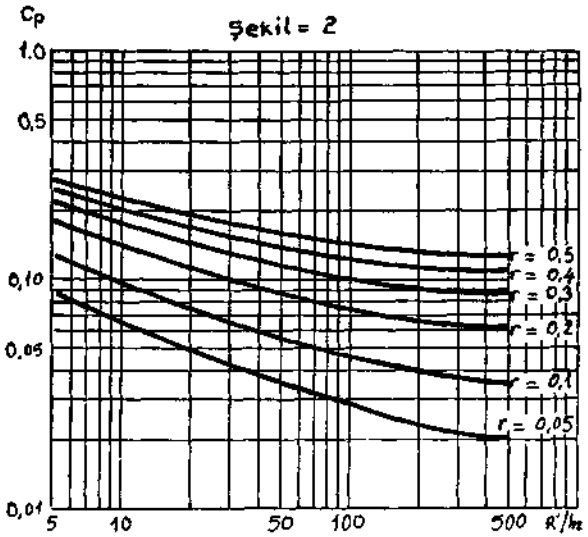
sonra burkulma momentini hesaplamak için sadece düz levhalar şeklinde parçalar için (Şekil: 1) deki gibi hesap yapılabilir.



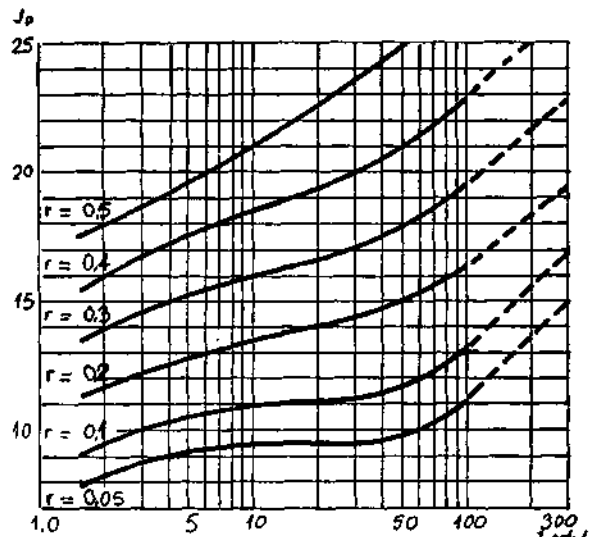
K2-1 Symbols used in Ekelund's and Sims' formulae.  
Ekelund ve Sims formülünde kullanılan semboller



K2-2 Mean strain rate as a function of  $R/hz$  according to Sims. (From P. M. Cook and A. W. McCrum: The calculation of load and torque in hot flat rolling. BISRA, London, 1958, page 8.)  
Sims'e göre  $R/hz$  nin fonksiyonu olarak ortalama ezilme miktarı



K2-3  $C_p$  as a function of  $R/hz$  according to Sims. (Same reference as for Fig K2-2.)  
Sims'e göre  $R/hz$  nin fonksiyonu olarak  $C_p$



K2-4  $J_p$  as a function of  $I$  according to Sims. Applicable to 10% Ni and 8% Cr stainless steel at 1100° C. (Same reference as for Fig K2-2.)  
Sims'e göre 10% Ni ve 8% Cr de  $I$  nin fonksiyonu olarak  $J_p$

Şekil = 3

Şekil = 4

$M_v$  = Burkulma momentidir. Bu da şüphesiz hadde yüküne ve aktif çapa bağlıdır.

$$M_v = P.a$$

P = Hadde yükü

a = Aktif çap

$$\text{Aktif Çap} = a = \frac{1}{i} \sqrt{R(h_1 - h_2)}$$

veya Ri deforme oknuş yarı çap dersek;

1/2 yj Ri (h<sub>1</sub> - h<sub>2</sub>) aktif çapı verir.

Mamafih pratikte P a ve D arasındaki yarı yolu hareket etmeyip aktif yarı çap gerçek olarak

$$m y/ Ri (h_1 - h_2) \text{ olur.}$$

İki Alman müelifi m değerinin 0,4 — 0,64 arasında değiştiğini ve kütük kalınlığına ve hadde çapma, daralmaya bağlı olarak değiştiğini gösterdiler.

Bundan başka kütük kalınlığını arttırmak, hadde çapı nisbetinde m nin kıymetini artırır.

Netice olarak rolatdf çapları, alçak kalınlıkları ve küçük redüksiyonları birleştirmek için m maksimumdur.

Toplam Burkulma :

$$M_v = P. V \gg - (h_j - h_2)$$

$$M = R.Ri.Jg.Cg.bm$$

İstenen kuvvet N Kw da aşağıdaki formülle elde edilir :

$$N = \frac{M_v \cdot n}{974000}$$

$$M_y = \text{Burkulma kg-, mm. (Ton.tnç)}$$

$$n = \text{Hız rpm.}$$

Blum ve Siebter İçin Haddeyi Döndüren Motorların Eb'ad ve Tiplerine Tesir Eden Faktörler :

$$T = 275 \times C (A_j - A_2) D \text{ ———}$$

$$T = \text{Motor momenti} = \text{Paund} \times \text{Feet}$$

$$C = \text{Ezme faktörü} = \text{İnç}^3$$

$$A_j = \text{Haddeye girmemiş malzemenin kesit alanı} = \text{İnç}^2$$

$$A_2 = \text{Hadelendikten sonraki kesit alanı} = \text{İnç}^2$$

$$D z = \text{İlk malzeme girişindeki hadde çapı} = \text{İnç}$$

Buradan çıkacak rakamlara (T değerine) 20.000 ile 25.000 paund feet ilâve edilir.

Bu rakamlara ilâveten ilk hız momentide (İvmelendirme momenti) ilâve edilecektir. Böylece max. motor momenti testait edilir.

İvmelendirme momentide şu şekilde hesaplanır :

$$t_a = \frac{0,003255 \times \text{WR2} \times \text{r.p.m.}}{t}$$

r.p.m. = Dakikadaki devir sayısı

t = İvmelendirme momenti Paund Feet

t<sup>a</sup> = İvmelendirme için lüzumlu zaman Sn.

WR2 = Hareket eden parçanın atelet momenti

$$0,003255 \times 4,250.000 \times 20$$

$$t_a = \frac{0,003255 \times 4,250.000 \times 20}{2} = 138.000$$

Paund - Feet

7000 Beygir gücündeki bir motorun atelet momenti 250.000 lb/ft dir. Bütün bunlardan başka, motorun çalışma amnda fazla ısınmasına mani olmak içinde seçilecek faktöre dikkat edilmelidir.

Sekron ve Endiksiyon motorlarının hızı şu formülle hesaplanır :

$$60 \times F$$

$$N = \frac{60 \times F}{1/2 P}$$

$$1/2 P$$

$$N = \text{Hız (r.p.m.)}$$

$$F = \text{Frekans}$$

$$P = \text{Kutup numarası (motorun)}$$

Gerilimlerin Hesabı :

Direk kesme kuvveti ve gerilimi :

P Kuvveti haddede bir enine T kesme kuvveti meydana getirir. Bundan da kesme gerilimi hesaplanır.

$$T$$

$$\tau_t = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$\tau_t = \text{Kesme gerilimi}$$

$$T = \text{Kesitteki enine kesme kuvveti}$$

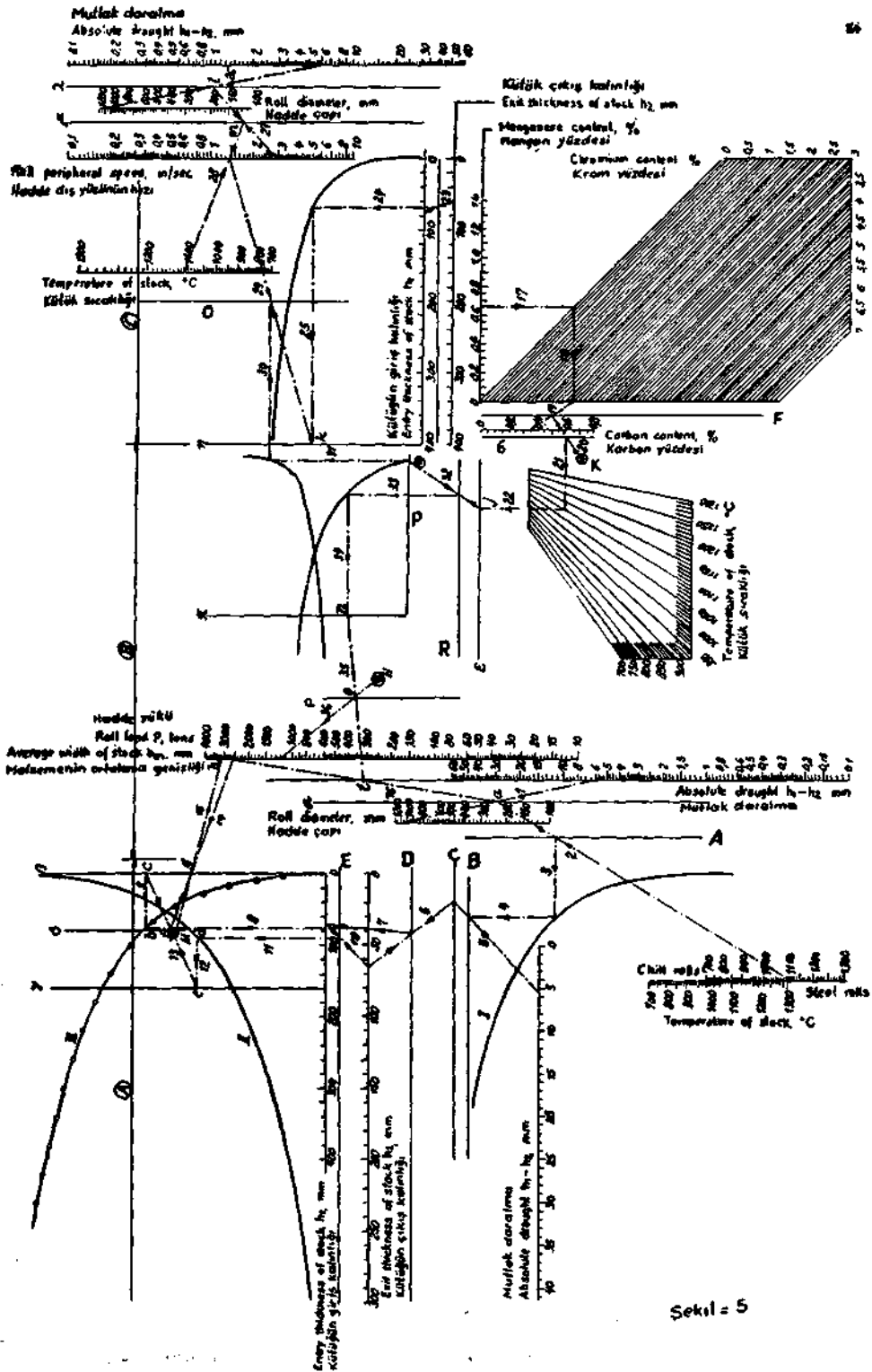
$$D = \text{Kesitteki hadde çapı}$$

**Bükülme Gerilimi :**

$$g_b = \frac{M_b \cdot r}{I}$$

$$M_b = \text{Bükülme momenti}$$

$$r = \text{Haddenin merkezinden olan uzaklık}$$



Sekil = 5

Roll Nomogram for determining roll load in accordance with Ekstrand's formula (From Stahl und Eisen 78, 1958, No. 20 Oct. 2, page 4386.)  
Ekstrand'a göre nomogramla hadde yükü formülü

$$I = \text{Atelet momenti (kesitteki)} = \frac{n \text{ EM}}{64}$$

$$(r = D/2 \text{ yuvarlakta})$$

(Şekil: 6) dan

Max moment :

$$M_{b_u} = Q \cdot \frac{(a+b/2)(c+b/2)}{L} \cdot \frac{b}{8}$$

Q = üniform hadde yükü

L, a, b, c (Şekil: 6) daki mesafelerdir.

Eğer hadde yükü ortada toplanmışsa

a = c olur.

$$M_{b_{\max}} = Q \cdot \frac{2L_1 - b}{8} \text{ olur.}$$

-.Eğer birinci durumdaki hadde yükü tek noktada toplanabildiği düşünülürse (bir noktadan temas ederse);

b = 0 a -f c = l<sub>1</sub> olur.

$$M_{b_{\max}} = P \cdot \frac{a \cdot c}{L} \text{ eğer yük ortada ise,}$$

$$a = c = D/2 \text{ ve } M_{b_{\max}} = P \cdot \frac{L}{4} \text{ olur.}$$

Maksimum bükülme momenti boyunlarda meydana gelir.

Eğer  $P_j > P_2$  ise (Şekil: 6)

$$M_{bt \max} = \frac{P \cdot L}{2} \text{ olur.}$$

Bükülme gerilimi g bt hadde boynunda

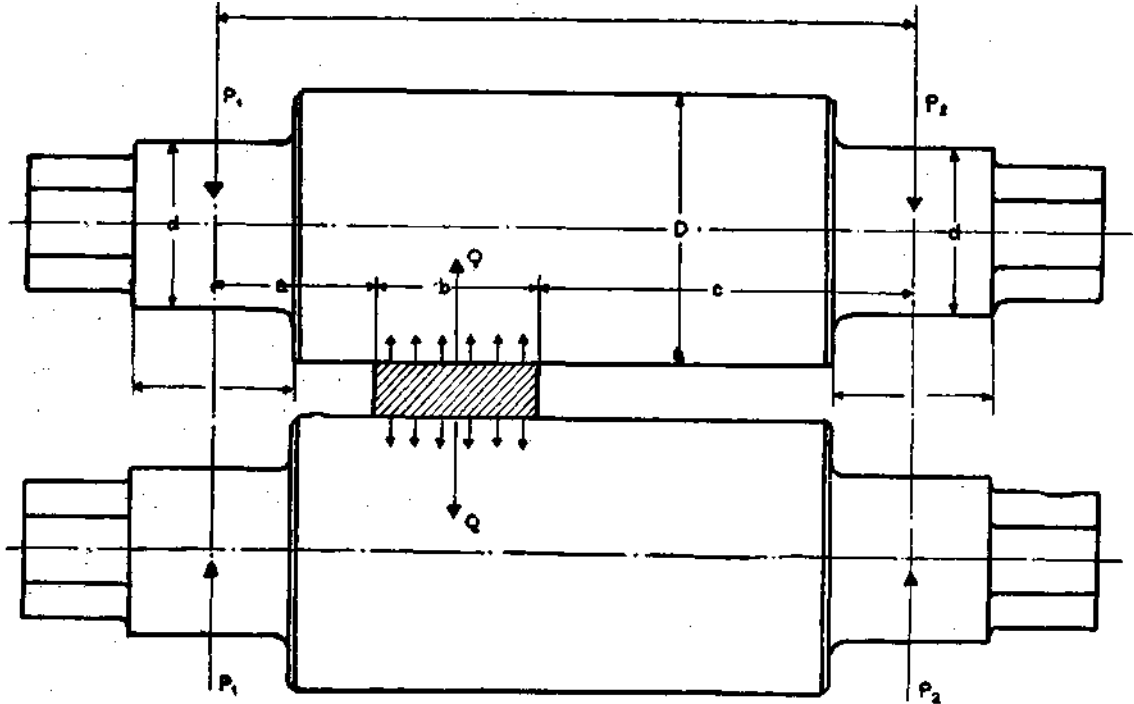
$$S_{bt} = \frac{32 M_{bt}}{n d^3} = \frac{10 M_u}{d^3} \text{ olur.}$$

Kavislerde Gerilim Birikmeleri :

(Şekil : 7) Diyagramdan elde edilen kavis faktörleri katıkl çelik haddeler için kullanılır. Düşük Karbonlular için l'den yukarı olan faktörün % 60'ı alınır. Dökme demiri için 0,35, eğer bu katsayı 1,8 olarak diyagramdan okunmuşsa karbon çeliği haddeleri 1,48 dökme demiri haddeleri 1,28  $M_{b_{\max}}$  olarak hesaplanır.

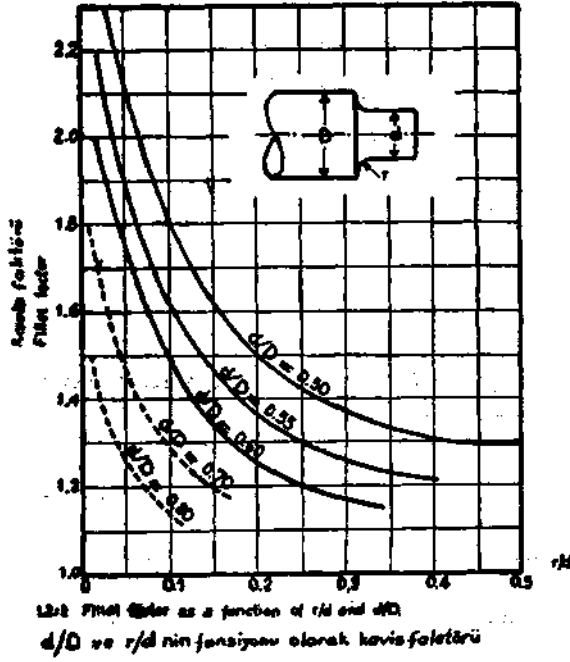
Burkulmadan Doğan Kesme Kuvveti :

Haddeleme esnasında sürtünmeyi yenmek için bir burkulma momenti yaratır. Bu momentte bir kesme kuvveti doğurur.



U3:1 Factors included in the calculations  
Hesaplama faktörü

Şekil= 6



Şekil 7

## Kesme Gerilimi :

$$\tau_v = \frac{M_v \cdot a}{I_p}$$

$\tau_v$  = Burkulmada kesme gerilimi.

$M_v$  = Burkulma momenti

$a$  = Hadde merkezinden uzaklık

$I_p$  = Kutupsal atalet momenti

Maxsimum burkulma gerilimi yüzeyde görülür.

$$\tau_{v \max} = \frac{m_v \cdot \frac{D}{2}}{I_p}$$

$$I_p = \frac{n D^4}{32}$$

$$\tau_{v \max} = \frac{M_v \cdot 16}{n D^3}$$

Kombine Kesme ve Bükme Gerilimleri :

$$S_h = 0.35 S_b + 0.65 V S_{b2} + 4 v$$

$S_h$  = Kombine gerilim.

Yalnız bütün yukardaki hesaplar emniyet faktörleriyle çarpılmalıdır. Bu da tecrübelerle dayanarak  $n = 5$  alınabilir.

## Sıcak Haddelerin Soğutulması :

Kifâyetli su akıtmalı ki, ısı transferi mümkün olsun ve hadda fazla ısınmasın.

Haddenin fazla ısınmaması için, ısı transferini kâfi miktarda yapabilecek kadar su akıtılması gerekir.

Buna rağmen hadde merkezinin ısınmasına mani olunamaz. Belli bir sıcaklığa çıkıldıktan sonra durulmalıdır. Su miktarı için genel bir kaide yoktur. Üzerinde kılcal çatlaklar bulunmayan haddeler iyi bir soğutma olduğunu gösterir. Haddeler teker teker soğutulmalıdır.

Soğutma suyu hadde yüzeyinden daha soğuk ise haddeleme başlamadan evvel su verilmemelidir. Su hadde yüzeyinden daha sıcaksa, haddeleme başlamadan önce verilmelidir. Sıcaklığı yüksek ve parça boyu uzun olan işler için hadde soğutma suyu arttırılır. İki haddeleme arasında kısa fazlar olursa su kesilmez. Eğer fazla uzun olursa su kesilir. Sabit haddelere termal gerilim meydana gelmesi için hiç bir zaman su sıkılmaz. Hadde suyunda herhangi bir arıza olursa çekilen parça hemen haddelenir. Su arızası giderilinceye kadar haddeleme işi bekletilir.

Haddenin alaşım miktarı arttıkça soğuma suyu artmalıdır. Keza alaşımli çelikler haddelenirken soğutma suyu fazlalaşmalıdır. Eğer hadde yüzeyinde bir kılcal çatlak görülürse bu çatlağın daha fazla ilerlememesi için hadde derhal tamire alınmalıdır.

## Kalite Kontrol :

Sfero dökümlerde Pb % 0,002 den titan da % 0,02 den az olmalıdır.

Çil (Chill) tabakasının kalınlığı ultrasonik aletlerle tesbit edilir. Yağ deliklerine 500 kg/mm<sup>2</sup> yağ basılarak mukavemeti ölçülür.

## BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- [1] The Making Shaping and treating of Steel.
- [2] Demir ve Çelik 1968 Sayı : 10, 11 Merdane Dökümü Nurettin Aras.
- [3] A.B. Akers styckebruk rolls for ferrous and non-ferrous mills.
- [4] Herm IBLE G.M.B.H. - Boll Foundry and machine shops (Walzen IKLE)