

本书是根据苏联冶金工业出版社1959年出版的“Производство гнутых тонкостенных профилей”一书的增订第二版译出的。书内讲述了在輥式冷弯机上生产薄壁冷弯型钢的过程，采用设备的结构，说明了成型工具的设计方法并举出了许多例子。书内也讲到了双壁冷卷钢管的生产。

书末附有薄壁冷弯型钢的过渡断面图集，其中搜集了高尔基汽车制造厂所采用的二十六种典型型钢的过渡断面，并且示出了获得这些型钢的工具图。

本书供以輥式冷弯机生产冷弯型钢的设计师及工艺师使用，同样也适用于大专学校的师生学习参考。

В.И. Давыдов, М.П. Максакон

Производство гнутых
тонкостенных профилей

薄壁冷弯型钢生产

穆东生译

*

冶金工业部图书编辑室编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 插页1·字数191,000
1962年2月北京第一版·1962年2月北京第一次印刷
印数0001—2,450·定价（10—）1.30元

*

统一书号：·15165·1177（冶金—221）

第二版序言

本书第二版包括一部分修改过的第一版的内容，同时增添了在冷弯型钢生产部门中过去一个时期内积累的材料。

新增添的有第三章“成型机组的构造”、第七章“双壁冷卷钢管的生产”、第四章内“弯曲成型时产生的力及冷弯机需用功率的确定”及第六章内“复杂断面型钢用成型工具的设计”两节。

本书第一章、第二章、第三章、第四章及第八章由 B.И. 达维多夫写成；第五章及第六章由 M.П. 马科萨柯夫写成。第七章薄壁冷弯型钢过渡断面图集则是由作者共同完成的。

作者对 Ю.К. 萨尼柯夫在编写第七章时遇到的疑难所给予的解答表示感谢，并且对高尔基汽车制造厂工程师 E.И. 潘柯夫和 H.A. 列别杰夫、列宁格勒工业学院讲师 K.H. 博戈亚夫连斯基以及国立冶金工厂设计院工程师 A.Φ. 耶尔马柯夫为本书第一版所提的宝贵意见和希望也表示感谢。

目 录

第二版序言

第一章 带鋼在軋式冷弯机上的冷弯过程的实质	5
概論	5
冷弯变形过程与軋制的比較	14
冷弯变形过程与压模內弯曲的比較	16
冷弯成型过程与通过一系列模孔拉制的比較	22
第二章 带鋼弯曲成型用的軋式冷弯机及其輔件	25
輕型軋式冷弯机	25
中型軋式冷弯机	29
重型軋式冷弯机及特殊冷弯机	32
軋式冷弯机的上軋軸位置的調整方法	35
弯曲成型用的輔助工具	42
第三章 成型机組的构造	46
拆卷机	46
手动剪断机	46
焊接机	50
軋式冷弯机	51
飞鋸	58
C—505 机組的技术規格	77
第四章 影响弯曲成型过程与輔件設計的因素	79
坯料宽度的确定	79
型鋼对主要軋輥中心綫的位置	80
型鋼基本中心綫的选择	84
型鋼过渡断面形状的选择	86
弯曲角度的选择	93
正确的速度制度与拉力的造成	100
弯曲成型时产生的力与冷弯机需用功率的确定	103
第五章 弯曲成型工具的設計方法	113
工具設計的概論	113
主要成型軋及其固定軸套	114
輔助軋	125
导板	128
心棒	134
制造成型工具所用的材料	135
第六章 設計成型工具的例子	139
开放式型鋼用成型工具的設計	140
半封闭式型鋼用成型工具的設計	154
封闭式型鋼用成型工具的設計	163
复杂断面型鋼用成型工具的設計	177
第七章 双壁冷卷鋼管的生产	196
第八章 成型工具的使用	208
成型工具的調整	208
坯料的技术要求及成型时的废品种类	211
軋輥的制备及成型工具的修复	215
先进生产者的工作示例	219
成型时的安全技术	229
参考文献	224
附录 薄壁冷弯型鋼过渡断面图集	

薄壁冷弯型钢生产

В.И. 达维多夫 М.П. 馬科薩柯夫 著

穆东生 譯

中国工业出版社

本书是根据苏联冶金工业出版社1959年出版的“Производство гнутых тонкостенных профилей”一书的增订第二版译出的。书内讲述了在辊式冷弯机上生产薄壁冷弯型钢的过程，采用设备的结构，说明了成型工具的设计方法并举出了许多例子。书内也讲到了双壁冷卷钢管的生产。

书末附有薄壁冷弯型钢的过渡断面图集，其中搜集了高尔基汽车制造厂所采用的二十六种典型型钢的过渡断面，并且示出了获得这些型钢的工具图。

本书供以辊式冷弯机生产冷弯型钢的设计师及工艺师使用，同样也适用于大专学校的师生学习参考。

В.И. Давыдов, М.П. Максакон

Производство гнутых
тонкостенных профилей

薄壁冷弯型钢生产

穆东生译

*

冶金工业部图书编辑室编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 插页1·字数191,000
1962年2月北京第一版·1962年2月北京第一次印刷
印数0001—2,450·定价（10—）1.30元

*

统一书号：15165·1177（冶金—221）

目 录

第二版序言	
第一章 带鋼在輥式冷弯机上的冷弯过程的实质	5
概論	5
冷弯变形过程与軋制的比較	14
冷弯变形过程与压模內弯曲的比較	16
冷弯成型过程与通过一系列模孔拉制的比較	22
第二章 带鋼弯曲成型用的輥式冷弯机及其輔件	25
輕型輥式冷弯机	25
中型輥式冷弯机	29
重型輥式冷弯机及特殊冷弯机	32
輥式冷弯机的上輥軸位置的調整方法	35
弯曲成型用的輔助工具	42
第三章 成型机組的构造	46
拆卷机	46
手动剪断机	46
焊接机	50
輥式冷弯机	51
飞鋸	58
C—505 机組的技术規格	77
第四章 影响弯曲成型过程与輔件設計的因素	79
坯料宽度的确定	79
型鋼对主要軋輥中心綫的位置	80
型鋼基本中心綫的选择	84
型鋼过渡断面形状的选择	86
弯曲角度的选择	93
正确的速度制度与拉力的造成	100
弯曲成型时产生的力与冷弯机需用功率的确定	103
第五章 弯曲成型工具的設計方法	113
工具設計的概論	113
主要成型輥及其固定軸套	114
輔助輥	125
导板	128
心棒	134
制造成型工具所用的材料	135
第六章 設計成型工具的例子	139
开放式型鋼用成型工具的設計	140
半封闭式型鋼用成型工具的設計	154
封闭式型鋼用成型工具的設計	163
复杂断面型鋼用成型工具的設計	177
第七章 双壁冷卷鋼管的生产	196
第八章 成型工具的使用	208
成型工具的調整	208
坯料的技术要求及成型时的废品种类	211
軋輥的制备及成型工具的修复	215
先进生产者的工作示例	219
成型时的安全技术	229
参考文献	224
附录 薄壁冷弯型鋼过渡断面图集	

第二版序言

本书第二版包括一部分修改过的第一版的内容，同时增添了在冷弯型钢生产部门中过去一个时期内积累的材料。

新增添的有第三章“成型机组的构造”、第七章“双壁冷卷钢管的生产”、第四章内“弯曲成型时产生的力及冷弯机需用功率的确定”及第六章内“复杂断面型钢用成型工具的设计”两节。

本书第一章、第二章、第三章、第四章及第八章由 В.И. 达维多夫写成；第五章及第六章由 М.П. 马科萨柯夫写成。第七章薄壁冷弯型钢过渡断面图集则是由作者共同完成的。

作者对 Ю.К. 萨尼柯夫在编写第七章时遇到的疑难所给予的解答表示感谢，并且对高尔基汽车制造厂工程师 Е.И. 潘柯夫和 Н.А. 列别杰夫、列宁格勒工业学院讲师 К.Н. 博戈亚夫连斯基以及国立冶金工厂设计院工程师 А.Ф. 耶尔马柯夫为本书第一版所提的宝贵意见和希望也表示感谢。

第一章 帶鋼在輥式冷弯机上的 冷弯过程的實質

概 論

在我国国民經济中大量采用的热軋型鋼，不論在型鋼断面大小和形状方面都远不能滿足用戶的要求。在很多情况下热軋型鋼壁的厚度都过大，并且不是由金属結構的强度条件决定，而是由这种型鋼的生产工艺过程所决定。

在以輥式冷弯机冷弯帶鋼与扁鋼的方法生产型鋼时，可以获得强度很大的薄壁型鋼。

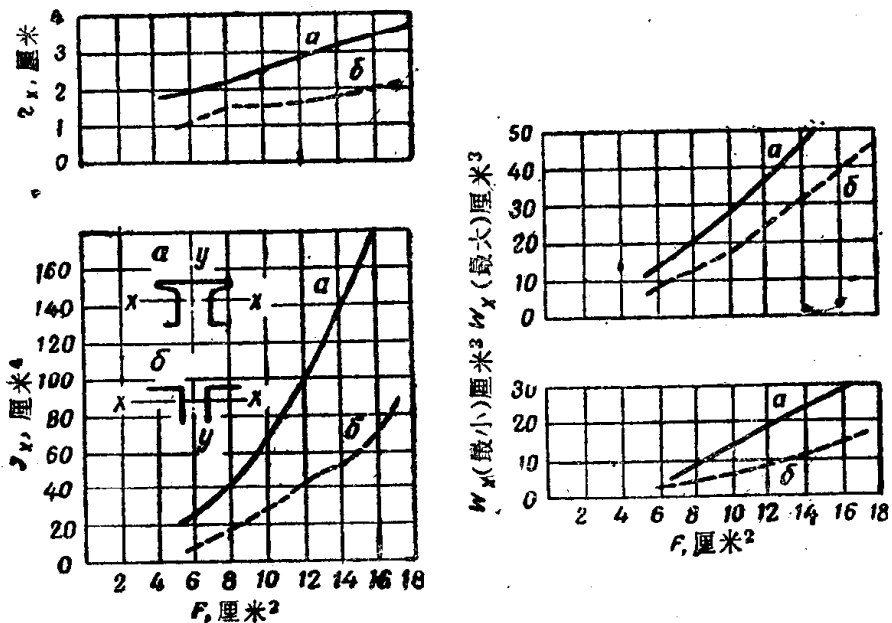


图 1 特殊断面型鋼 (a) 及断面大小相等并由两个等边角鋼構成的型鋼 (b) 性能的比较

图 1 比較了中央工业建筑科学研究所对两种断面大小相等但形状不同的型鋼断面慣性半径 r_x ，慣性力矩 j_x 及截面模数 W_x 最大

和 w_x 最小值計算的結果〔1〕。

由圖可以看出，在型鋼斷面大小相等時，特殊斷面a的慣性半徑比兩個同樣大小的角鋼組成的斷面b要大50~60%，而斷面a的慣性力矩及截面模數甚至比斷面b的對應數值大1.5~2.8倍。

生產冷彎型鋼時金屬在斷面上合理分布的可能性，不僅可以減少金屬的消耗，還可以造成結構上所必需的斷面形狀，大大提高由這種型鋼制成的制品的使用質量。

這種制品例如有建築工業中的無賦天窗構件〔13〕、櫥窗構件，窗扇構件等，汽車工業中的通風窗框、門、窗、散熱管及其他各種可能的構架，自行車生產中的輪圈及車輪的擋泥板。

冷彎型鋼最大的用戶是建築工業、汽車制造廠及飛機制造廠、通用機器制造廠及生產日用品的企業。

輥式冷彎機生產的型鋼所以得到這樣廣泛的應用，是由下述因素決定的：

1. 冷彎時可以達到很大的產量，而設備及工人數量卻很少。
2. 用冷彎方法可以加工各種材質：軟帶鋼、有色金屬及其合金、不銹鋼及其他許多材質。同時坯料厚度可以由0.10毫米到20毫米，而寬度則可達到2000毫米〔1〕。
3. 冷彎時個別斷面尺寸可能達到三級精確度。
4. 用冷彎方法可以獲得結構上必需的斷面形狀，在用其他方法生產這種斷面的型鋼時則須化費很大的機械加工費，而且材料損耗也很大。在蘇聯許多工廠，冷彎時金屬的利用率都在99.5~99.7%之間〔2〕。
5. 可以得到表面加工質量很高的各種形狀的制件（保持坯料的表面質量）。制件可以不經補充加工直接拋光或加裝飾鍍電。
6. 冷彎過程可以連續與其他種工藝過程結合：焊接（焊接管及自行車輪圈生產）、低溫焊接（散熱管生產）、彎曲、穿

孔、打印、定尺剪切、卷入鉄絲及紙板等。

7. 冷弯主要工具——軋輥——的耐用程度很高：軋輥不經重新研磨可以軋制一百萬米以上的軟鋼型鋼（經過研磨和維護适当時可以軋制一千五百萬米以上）〔15〕。

8. 可以根据訂戶的圖紙直接生產型鋼。

9. 每批最少的剪切長度根据國外技術資料為 1000~1600 米，這時以冷弯方法生產型鋼在經濟上最為合算〔22〕。

关于采用冷弯型鋼的效果，可以由中央工業建築科學研究所的數據得出概念〔1〕。根据這份資料，在每完成一百萬噸金屬結構時可以用十二萬六千噸冷弯型鋼來代替二十萬零四千七百噸熱軋型鋼，平均節約七萬八千七百噸鋼（表 1）。

表 1 制造金屬結構時可以使用的冷弯型鋼

金 屬 結 構	冷弯型鋼需用量 千噸	代替熱軋型 鋼的數量 千噸	節約金屬量 %
工 業 廠 房			
屋面檁條·····	35	87.2	60
屋架及屋架梁·····	33	45.5	28
柱子·····	12	16.0	25
天車梁·····	5	5.7	12
牆構架及撐條·····	22	28.0	21
門窗扇·····	8	9.3	14
其他結構·····	3	3.0	—
共 計	118	194.7	39.4
住宅及公用建築			
柱子及梁·····	4.5	6.0	25
門窗扇·····	0.5	0.75	33
其他結構·····	3	3.25	8
共 計	8	10.0	25
總 計	126	204.7	38.4

根据一个汽車制造廠的資料，每生產一噸薄壁冷弯型鋼的成本（坯料成本不計）平均為 253 盧布。而在建成生產冷弯型鋼的專業化工廠時，如 В. И. 達維多夫在高爾基日丹諾夫工業學院“金

属压力加工及机器”教研組领导的計算表明，这个成本可以降低到四分之一至五分之一。

可以指出，在法国〔26〕一个总生产场地面积为11000平方米，具有18台冷弯机的生产冷弯型钢的专业化工厂在1956年型钢的产量超过了25000吨。該公司还計劃安装三台新冷弯机，这在工作的冷弯机速度稍微提高时，就可以将月产量提高到40000吨。

有趣的是在建設这个工厂时曾最大限度地利用了該厂生产的冷弯型钢来做独特的采暖系統、楼板及其他。

导型钢材可以由下述方法获得：а) 压制；б) 軋制；в) 軋材（軋制的異型钢坯）通过許多模孔拉制〔3〕；г) 扁鋼通过許多模孔拉制；д) 扁鋼在万能式冷弯机上弯曲（图2）；е) 扁鋼在特殊的折弯机冲模內弯曲（图3）；ж) 扁鋼在軋式冷弯机上冷弯。

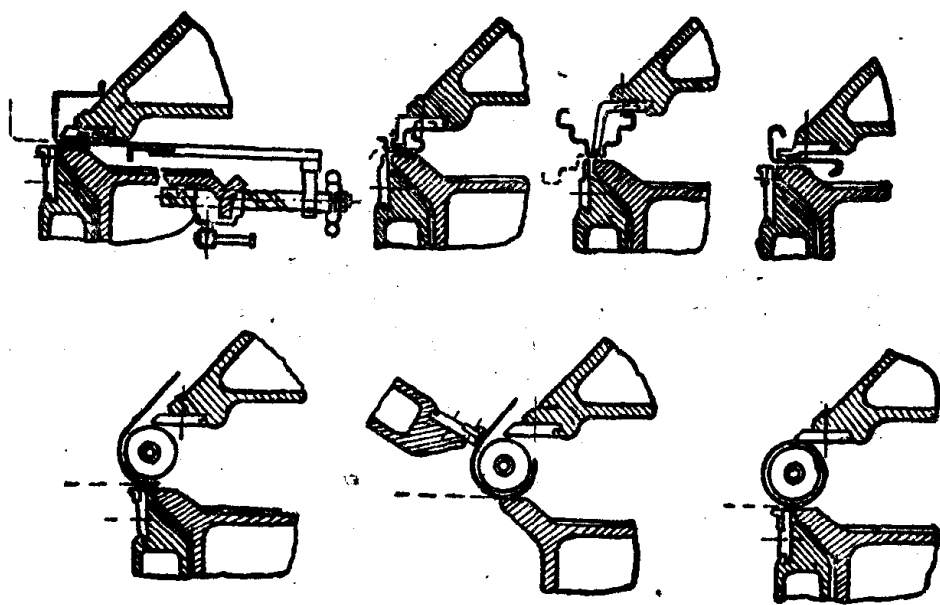


图 2 万能式冷弯机生产型钢的示意图

前三种方法以坯料达到塑性状态后不仅使坯料的横断面形状改变，也使横断面的大小改变为基础。

其余四种方法的原材料（坯料）则是带形材料——冷轧带钢。坯料在变形时其横断面积在理論上是不变的（只有横断面的形状改变）。得到的冷弯型钢的厚度在理論上等于坯料的厚度，而横断面的展开长度則等于坯料的宽度。



图 3 特殊折弯机生产型钢的示意图

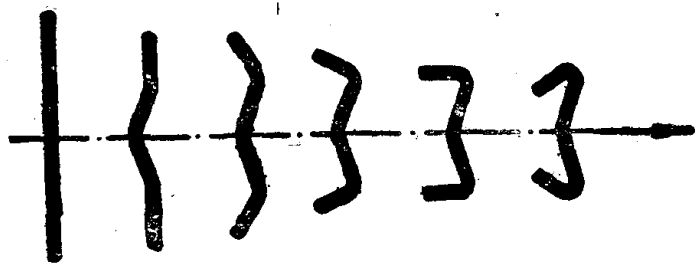


图 4 在輥式冷弯机上冷弯时过渡断面形状的变化

本书則只討論带鋼在輥式冷弯机上以冷弯方法生产冷弯型钢，这种方法是上述一切方法中最先进的。

带鋼在輥式冷弯机上冷弯的过程就在于带鋼在通过許多对相对轉动的軋輥（滾輪）的过程中順次改变带鋼横断面的形状（横断面积不变）。

带鋼的横断面形状是以每对軋輥上造成中間的过渡断面形状的方法順次改变的（图4）。

冷弯的过程是一个連續的过程，即在同一時間坯料长度方向上的各个部分都与各对軋輥相接触。

图5概略地表示了带鋼在两对相邻軋輥上冷弯的过程。在第二对軋輥上，带鋼边缘 a 折弯了一个角度 α （在第一对軋輥内带

鋼邊緣 a 与軋輥中心綫形成的角度为 φ)。 φ 角的改变过程是在某个 AB 部分逐渐完成的。在 B 点, 折弯角度已经达到 β 值;

$$\beta = \varphi + \alpha。$$

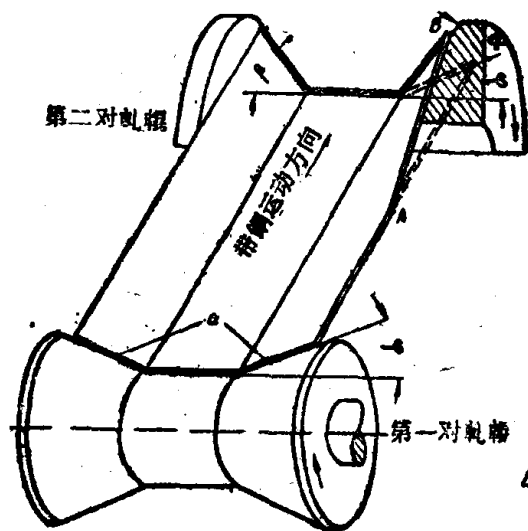


图 5 冷弯过程示意图

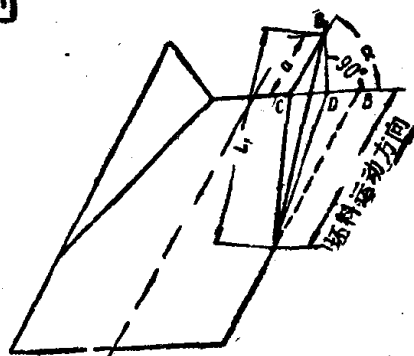


图 6 冷弯时边缘的折弯

(为了表示清楚上軋輥没有画出)

这个 AB 部分我们就叫做“平緩过渡部分”〔4〕。这个部分对断面变形时的应力应变图具有重大的影响。

在变形过程一定时, 与坯料移动方向相垂直的坯料横断面在整个过程中都不会改变其位置, 而只会改变其形状, 逐渐接近规定的断面形状。这是成品型钢横断面各点的綫速度相同的结果。

由图 6 可以看出, 坯料边缘上的 B 点在边缘 a 折弯 α 角时移到 B_1 的位置, 仍位于坯料移动方向的垂直面上。因此 AB 边的尺寸就增大到 AB_1 的大小, 边缘的延伸率就等于:

$$\epsilon = \frac{L_1 - L}{L}, \quad (1)$$

式中 L ——坯料变形部分的长度 (平緩过渡部分 AB);

L_1 ——边缘的展开长度 (AB_1);

ϵ ——在边缘 a 折弯 α 角时坯料边缘的延伸率。

由于变形时坯料边缘延伸, 就产生了拉应力:

$$\sigma = \epsilon E = \frac{L_1 - L}{L} E, \quad (2)$$

式中 σ ——拉应力的(公斤/厘米²);

E ——弹性模数(公斤/厘米²)。

由式(2)可以得出结论: 拉应力的(公斤/厘米²)大小主要取决于平缓过渡部分的长度 L 及坯料的材质 E 。

而平缓过渡部分的长度本身又取决于下列各因素: 坯料材质的弹性、平缓过渡部分弯曲变形的大小(折弯角 α)、折弯部分的大小(边缘高度 a)及坯料的厚度。对于弹性材料, 在其他条件相同时, 平缓过渡部分就比塑性材料为大。随着折弯部分及弯曲变形值(折弯角度)的增大, 平缓过渡部分也随之增大, 而坯料的厚度增大时, 则平缓过渡部分就随之减小。

假设在图6中直边 a 折弯时折弯的边缘 AB 为直线, 则其延伸率将为

$$\epsilon = \frac{L_1 - L}{L} = \frac{AB_I - AB}{AB}。$$

由三角形 $AB_I D$ 我们可以求出 AB_I 的大小:

$$AB_I = L_1 = \sqrt{AD^2 + B_I D^2} \quad (3)$$

因为 $CB_I = CB = a$, 则 $B_I D = CB_I \sin \alpha = a \sin \alpha$ 。

由三角形 ADB 我们可以求出 AD 的大小。

$$AD = \sqrt{AB^2 + BD^2},$$

式中的 BD 等于:

$$BD = CB - CD = a - a \cos \alpha = a (1 - \cos \alpha)。$$

将 AD 及 $B_I D$ 值代入式(3), 我们可以得出:

$$AB_I = L_1 = \sqrt{L^2 + a^2 (1 - \cos \alpha)^2 + a^2 \sin^2 \alpha}。$$

按三角学进行运算:

$$AB_I = L_1 = \sqrt{L^2 + 2a^2 (1 - \cos \alpha)}。$$

边缘的延伸率将等于:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{L^2 + 2a^2(1 - \cos\alpha)} - L}{L} \quad (4)$$

式(4)可以变成下式:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2a^2(1 - \cos\alpha)}{L^2}} - 1 \quad (5)$$

分析式(5)及式(2)可以看出,变形时边缘的拉应力及延伸率是随着弯曲变形(α)及折弯部分(a)的增大而增大,而随着平缓过渡部分的长度 L 的增大而减小。

在变形时为了保证坯料连续不断的移动,每对轧辊都应造成一定的拉力。关于这一问题下面将详细讲到。每对轧辊之间具有拉力必定在整个横断面上引起附加的拉应力出现,这种附加的拉应力等于:

$$\sigma_{\text{附加}} = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{Bt}, \quad (6)$$

式中 Q ——在所研究的每对轧辊中拉力的大小(公斤);

$F = Bt$ ——型钢横断面积,等于坯料的横断面积(厘米²);

B ——坯料宽度(厘米);

t ——坯料厚度(厘米)。

对于图6所示的情况,根据公式(2)、(4)及(6),边缘上的总拉应力将为:

$$\sigma_{\text{总}} = \frac{\sqrt{L^2 + 2a^2(1 - \cos\alpha)} - L}{L} E + \frac{Q}{Bt} \quad (7)$$

按公式(7)算出的拉应力不应超过弹性变形极限,因为在坯料继续由一个变形区移到另一个变形区(由一对轧辊移到另一对轧辊)时这种应变应该消除,以免使坯料产生挠曲和褶皱(图7)。

纵向拉应力的存在,已经由研究轧辊及压模内弯曲的坯料断面外表加工硬化分布情况时得到的试验数据证明了(图8)。

硬度是以 ПМТ-2 硬度计测定的。这种硬度计是由苏联科学院机械学研究所 M.M. 赫鲁晓夫及 E.C. 别尔柯维奇[5]

为确定显微硬度設計的。硬度是在表面十分光滑的50毫米长的型钢試样中心测定的。测量时压痕成正方形的測量結果都被认为是优良的。



图 7 变形时出现的褶皱

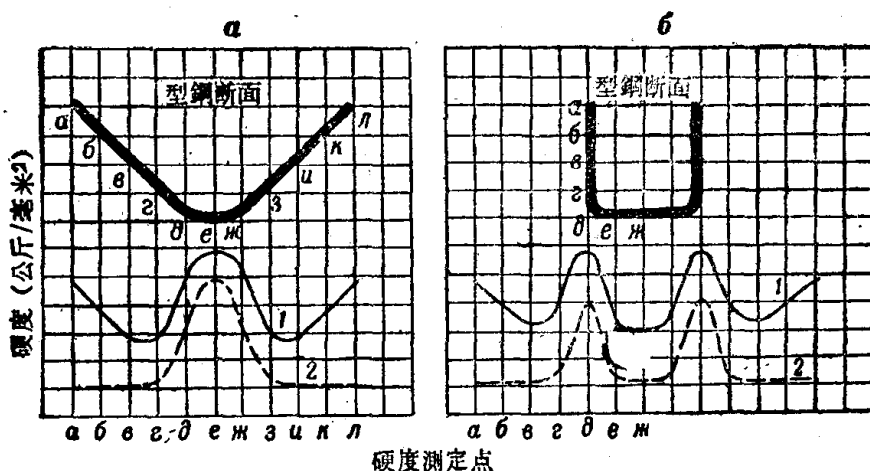


图 8 在軋軋及压模內弯曲时加工硬化的分布:

a—V形断面〔б〕; б—Π形断面;

1—軋軋冷弯; 2—压模冷弯

由图 8 可以看出, 变形时最大的加工硬化是处在坯料弯曲的地方和坯料的边缘上。在以压模弯曲型钢时 (条件是压模内坯料的整个长度都同时弯曲), 最大的加工硬化则只位于弯曲处。在变形时型钢断面没有变形的部分 (Π形断面的中间部分) 以及变形区以外的部分在压模内弯曲时产生的加工硬化都不大。

这种加工硬化在冷弯变形时是坯料压缩及每对軋軋間造成拉力的結果, 而在模压时則是坯料在模槽及压锤間压缩的結果。

冷弯变形时像Π形断面中间部分的加工硬化绝对值比模压变形时大是因为具有冷弯变形时拉力作用产生的拉应力。

冷弯变形时边缘上的加工硬化增大只能解释为除了可以认为整个断面分布均匀的拉力作用产生的应力外,还具有附加的纵向拉应力。

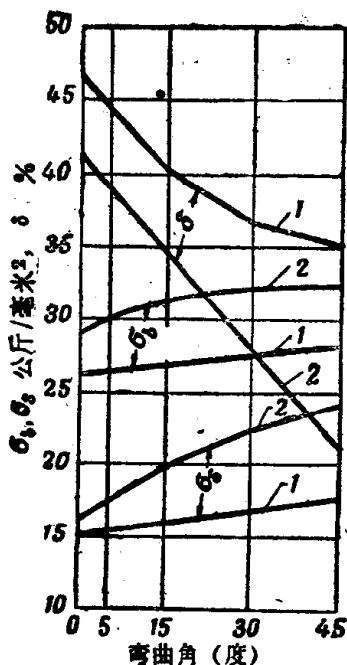


图9 弯曲角度对冷弯型钢机械性能的影响(退火钢, C 0.1%):

1—断面120×1.5; 2—断面120×0.5毫米

冷弯变形时坯料材质的强度是随着弯曲角 α 及断面厚度的增大而增大的(图9)。

对强度值具有影响的是弯曲的行程。例如边缘在一对轧辊内弯曲45°时(弯曲行程为0~45°),强度就比在两对轧辊内弯曲时(弯曲行程为0~15~45°)为大,这可由下列数据看出[1]。

试样厚度(毫米) 2 1.5 1.0

按弯曲行程0~45°弯曲后的屈服

点(公斤/毫米²) ... 29.1 24.0 23.2

按弯曲行程0~15~45°弯曲后的屈服

点(公斤/毫米²) ... 23.8 19.6 21.8

屈服点差

(公斤/毫米²) 5.3 4.4 1.4

因此,强度值在某种程度上可以用选择某种弯曲行程的方法来加以调整。

整。

冷弯变形过程与轧制的比较

为了说明带钢在辊式冷弯机上冷弯变形过程的特点,我们把这一过程和异型钢材生产的其他方法做一比较。

冷弯生产所用的设备(参看第二章)与轧制生产所用的设备具有许多共同点;两种生产的主要变形工具都是轧辊。

在比较冷弯过程与轧制的同时,还可以指出两种生产的下述相同处:

a) 坯料处于连续不断的运动过程,并且在理论上坯料及成