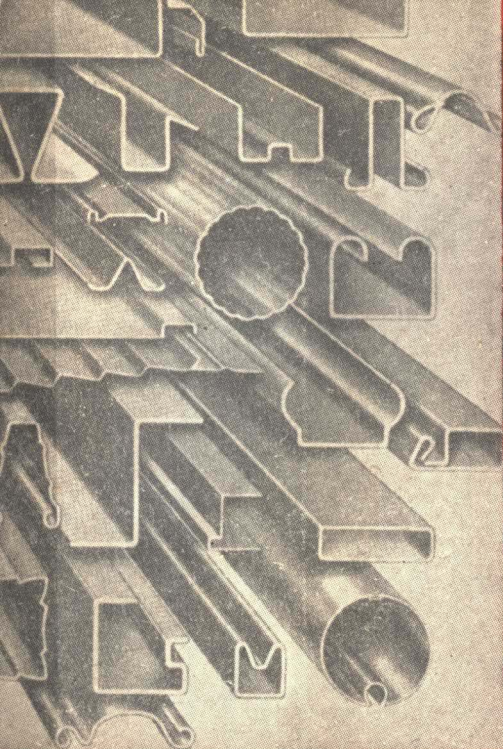




全國冷弯型钢
和带钢生产
现场会议
資料汇编

内部資料·注意保密

冷弯型钢

冶金工业部钢铁司 編

冶金工业出版社



全国冷弯型钢和带钢生产现场会議資料汇编

冷 弯 型 钢

冶金工业部钢铁司 編

1960年8月第一版

1960年8月北京第一次印刷2,425册

开本850×1168•1/32•字数 130,000•印张5•插頁8•定价0.55元

統一书号15062•先99

冶金工业出版社印刷厂印

内部发行

冶金工业出版社出版(地址:北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

全國冷弯型鋼和帶鋼生產現場會議資料彙編

冷 弯 型 鋼

冶金工業部鋼鐵司 編

內部資料 注意保密

冶金工業出版社

出版者的話

积极发展冷弯型钢生产、扩大其品种及应用，是冶金工业部門及有关部門当前的一项共同任务。为此，冶金工业部于1960年4月于上海召开了有各有关部門代表参加的冷弯型钢及帶鋼生产現場會議。

通过四天的會議，代表們一致認識到发展冷弯型钢生产的巨大国民經济意义，交流了生产經驗，討論了技術条件，並拟訂了进一步发展冷弯型钢生产及进行有关科学研究工作的計劃。

为了便于各地了解並能积极地发展冷弯型钢生产，我們將这次會議的六篇主要資料及前已見諸书刊的另外兩篇有关資料汇编在一起，供各有关单位参考。

目 录

1. 冷弯型钢生产工艺与设备.....
..... 上海黑色冶金设计院 4
2. 冷弯型钢生产技术总结.....
..... 上钢十厂 43
3. 450毫米冷弯机的诞生.....
..... 鞍钢中型厂 95
4. 冷弯10号槽钢试制总结.....
..... 鞍钢中央试验室 98
5. 用冷拉法生产冷弯型钢简介.....
..... 上海冶金局中心试验室 103
6. 冷弯型钢在建筑中的应用.....
..... 建筑工程部建筑科学研究院龔思礼 114
7. 冷弯6.5号槽钢的压力测定.....
..... 姚由 馮光純 128
8. 关于弯曲型钢生产的介绍.....
..... 蔡韻 137

1. 冷弯型钢生产工艺与设备

上海黑色冶金设计院

一、前 言

上钢十厂冷弯型钢生产车间自1958年设计建成以来，已取得了初步的成效。所生产的几种断面较简单的型钢，已开始成批地供应用户的需要。

该车间的建成和投入生产，是我国在冶金工厂发展冷弯型钢生产的开端，在这以前，只在汽车、自行车制造厂等有一些小型的特殊用途的辊式弯曲机，生产供自己需要的小型型材。此外，尚有用压床冲压和拉拔方法来生产冷弯型钢，其产量低，制品短，因而大大限制了它们的发展和适用范围。

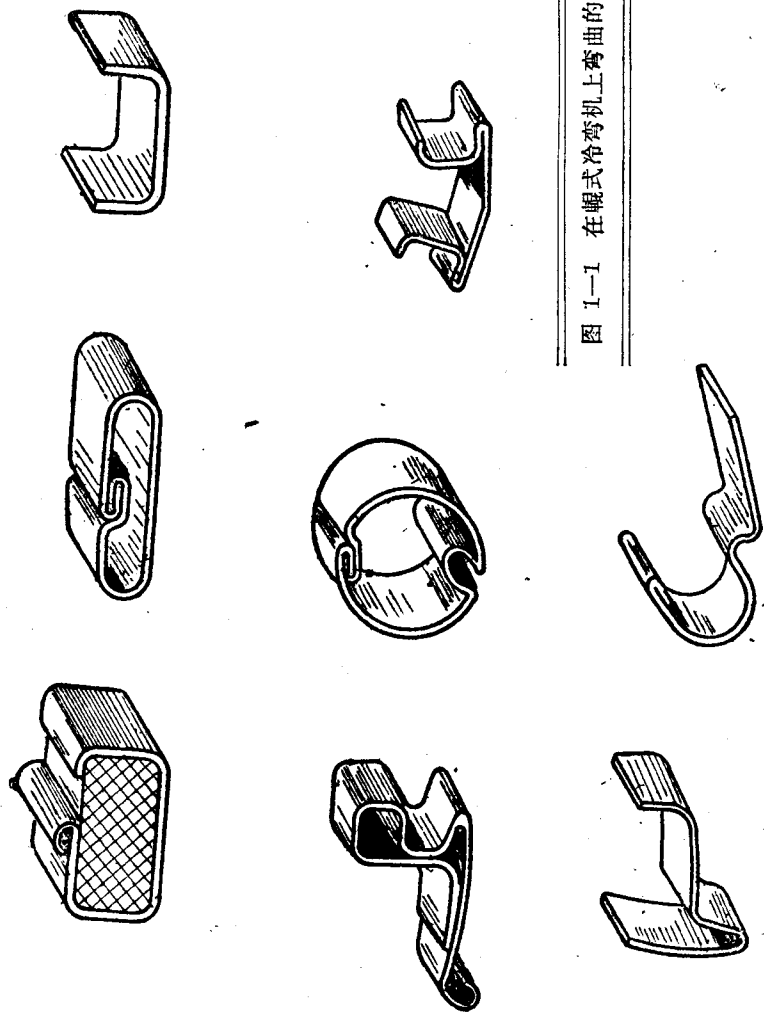
用辊式冷弯机生产冷弯型具有下列优点：

1. 可以获得较长尺寸的制品，产量高；
2. 可以生产用热轧方式难以得到的各种异形断面的薄壁型材（图1—1）；

3. 在建筑结构、车辆车厢制造、飞机制造及汽车自行车制造等方面采用冷弯型钢，能大大减轻结构物的重量，因而能节省金属。据国外的资料载出，与热轧型钢比较，可以节省金属25~35%。

由于具有上述优点，特别是节省金属这一重要经济意义，因此引起了人们对这一生产技术的重视。在苏联及其他国家，已有规模相当大的冷弯型钢生产车间。国内在继上钢十厂冷弯车间建设之后，如鞍钢等地也开始建造生产冷弯型钢的设备。今后，将有更多，规模更大的冷弯车间在我国出现，并且冷弯型钢将被广泛应用于各个工业部门。

图 1-1 在辊式冷弯机上弯曲的型材



坯料与两轧辊接触起点是在两辊最大直径相交处，即离轧辊轴的中心线 m 处（图1—2a）。坯料与两辊相接触（图1—2b）时，坯料断面开始变形，在图1—2b时变形结束。

坯料边缘在力 P_1 的作用下弯曲，力 P_1 造成弯曲力矩 M_1

$$M_1 = a_1 P_1 \quad (1)$$

由于出现了力 P_1 ，在上下轧辊上，离轧辊轴 m 处便有力 P_{cp1} ：

$$P_{cp1} = 2P_1 \quad (2)$$

在弯矩 M_1 作用下，当冷弯过程稳定时，坯料边缘便按长度 l_1 弯曲。

为了计算使坯料边缘弯曲的弯矩，墨克尔特提出用正应力沿坯料断面高度分配（图1—3）的方法。

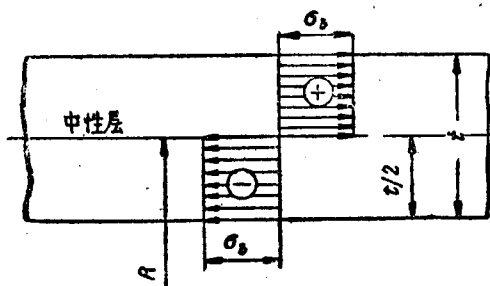


图 1—3 弯曲时，正应力沿断面高度分配图

取整个断面上的应力与强度极限 σ_b 相等，但这并不表示，弯曲时产生的应力真正有这样大，这样做的目的是使弯矩值有一保证裕量，此裕量是计算传动功率所必须的。

这样，根据图1—3弯矩值将等于：

$$M_{н3r} = \sigma_b \frac{L_1 t^2}{4} \quad (3)$$

因为 $M_1 = M_{н3r}$ ，根据式(1)(2)(3)作用于上下轧辊的力等于

$$P_{c\tau 1} = \sigma_s \frac{L_1 t^2}{2 a_1} \quad (4)$$

根据軋輥結構，可求出力臂 a （见图1—26）。平稳过渡部分的长 l 根据墨氏的資料，可以用图表法求出（参閱图1—2a），但应根据这样一个前提出发，即联接平稳过渡段起点与軋輥中心綫的两根綫的夹角（角 $\tau/2$ ）应为联接軋輥夹住坯料的起点和軋輥中心綫两根綫的夹角（角 $\tau/2$ ）的 $\frac{1}{2}$ 。

这样，式（4）右边的各数，就均为已知了。

作用于軋輥上的除力 $P_{c\tau 1}$ 而外，还有力 $P_{c\tau 2}$ ，这是鋼材最后成型时定径压缩所需的一个力（见图1—2b）。此力的值用試驗方法选取。作用于軋輥的力 $P_{c\tau 2}$ 沒有力臂，即经过軋輥的軸（见图1—2a）。

作用于这一对軋輥上的旋轉力矩应等于：

$$M_{\Sigma\tau} = 2 (M_{\tau} + M_f) \quad (5)$$

式中 M_{τ} ——一个輥淨旋轉力矩；

M_f ——一个輥的附加摩擦力矩。

只有力 $P_{c\tau 1}$ 造成淨旋轉力矩，因为力 $P_{c\tau 2}$ 沒有力臂：

$$M_{\tau} = m P_{c\tau 1} = \sigma_s \frac{L_1 t^2 m}{2 a_1} \quad (6)$$

臂 m 可用图表法。按軋輥孔型和夹住坯料的条件来求算（参閱图1—2a）。因力 $P_{c\tau 1}$ ， $P_{c\tau 2}$ 作用引起的附加摩擦力矩等于：

$$M_f = \mu (P_{c\tau 1} + P_{c\tau 2}) r_z \quad (7)$$

式中 r_z ——軋輥主軸軸頸的半径（图2a）；

μ ——軸承中軸頸摩擦系数。

如果冷弯是由几对輥同时进行，那么用同样的方法来計算所有輥对的力矩值，并按其总和求算冷弯机的传动功率，此传动功率等于：

$$N = \frac{M_{00}n}{71620\eta} \quad (8)$$

式中 N ——冷弯机传动功率，馬力；
 M_{00} ——所有輥对上的扭矩值和，公斤厘米；
 n ——軋輥主軸轉數。轉/分；
 η ——冷弯机传动（自电动机到軋輥接軸）效率。

如果坯料不是在相对旋轉的传动輥对間冷弯，而是在空轉輥对間冷弯那么为了克服对坯料的变形阻力，必須加以軸向力 Q 拉力（见图1—2a）。

此力值等于：

$$Q = M_{BP} \frac{r_1 + r_2}{2r_1 r_2} \quad (9)$$

式中（參閱图1—2a） r_1 ——上輥最大半径；
 r_2 ——下輥最大半径。

如果在輥对間双边弯曲（如图1—4所示），坯料被夹住和其断面的变形最初条件仍与前述情况相同（见图1—2a；1—26；1—4a；1—46）。

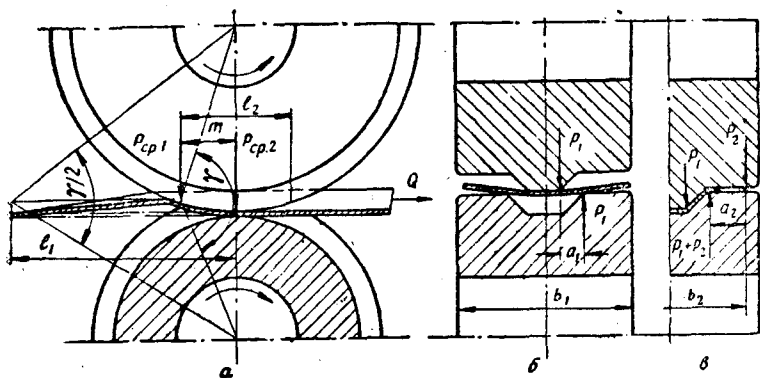


图 1—4 在一对軋輥內坯料双边弯曲（按墨克尔特）

根据墨氏的意见，坯料周边的附加弯曲是在 $L_2=2m$ 这段长度上进行并且是弯矩 M_2 作用的结果：

$$M_2 = a_2 p_2 \quad (10)$$

臂 a_2 可根据被冷弯坯料最终宽度 b_2 (图46) 或其最初宽度 b_1 (图1—46) 以图表法计算。

由于出现了力 p_2 ，在上下轧辊上便有经过其轴的力 p_{cp2} 作用

$$\text{着 } p_{cp2} = 2p_2 \quad (11)$$

力 p_{cp2} 可用象求力 p_{cp1} 的方法一样求出，并将等于：

$$p_{cp2} = \sigma_b \frac{l_2 t^2}{2a_2} \quad (12)$$

此时应作用于辊对上的旋转力矩，可仍按式(5)求算。而且净旋转力矩值 M_a 可按式(6)求出，因为力 p_{cp2} 经过轧辊主軸后，对其旋转力矩不发生影响。

附加摩擦力矩 M_r 之值可按式(7)求出，不过此时按式(12)求出之力 p_{cp2} 应有所增加，增加的力就是型钢在最后变形时其定径压缩所需之力。

評論墨克尔特提出的方法时，应该指出：我們很难同意他的計算 l_1 、 l_2 两段值的方法，因为根据实验资料得出， l_1 段的值，除取决于几何因素外，还在很大程度上取决于材料机械性能和坯料厚度，而 l_2 段不能伸到轧辊軸綫的右边去。在这一段上，就理論方面來說成型坯料已經不与轧辊相接触。后一現象应该是力 p_{cp2} 不经过轧辊軸的结果，因此力 p_{cp2} 将对净旋转力矩值发生影响。

此外，在稳定的冷弯过程中，坯料下部事实上在 m 段不发生弯曲，而是直的 (參閱图1—4a的虛綫)。因此，坯料在 m 段只与下辊接触，只在递过轧辊軸的平面上与上辊相接触。力 p_{cp1} 的臂大大减小才使轧辊和坯料这样地接触。

坯料、轧辊和輔助工具間的摩擦力，墨克尔特也完全沒有考虑。

因此，他的方法只能夠概略地算出冷弯时的力和机床所需

功率。

M. B. 馬拉姆德建議在計算冷弯机所需功率時以弯曲型鋼各部分所費的總功為基礎。

B. H. 達維多夫和Ю. К. 普澤列夫斯基對下述功率計算法作了分析和實驗研究。

如果把長 L 的一段彎成圓弧，弧度按中性層設為 $\frac{1}{R}$ ，則進行這種彎曲所耗之功通常將為（圖1—5）

$$A = L \int_0^{1/R} M_x d\left(\frac{1}{R}\right) \quad (13)$$

式中 M_x ——所需彎曲力矩。

計算塑性彎曲時的彎矩值，必須知道受彎段截面高度上正應力的分布規律。取用墨克爾特提出的正應力分布圖（參閱圖1—3）。

根據這一圖形，彎矩值不取決於受彎段的彎曲半徑，並等於

$$M_x = \sigma_b \frac{bt^2}{4} \quad (14)$$

式中 b ——受彎段寬。

式（13）積分後，得

$$A = \sigma_b \frac{bt^2}{4} \frac{L}{R} \quad (15)$$

進行代換：

$$\frac{L}{R} = \varphi$$

式中 φ ——彎曲角，以弧度計（參閱圖1—5）。

此時，將矩形截面受彎段按帶 φ 角的弧彎曲所需之功，不取決於此弧之彎曲半徑值，將等於：

$$A = \sigma_b \frac{bt^2}{4} \varphi \quad (16)$$

由于弯曲功不取决于弯曲半径，计算形状复杂的型钢弯曲功时，只须知道各段弯曲角的和（图1—6）：

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n \quad (17)$$

使1毫米长的型钢（按式（16）计算时，由冷弯机出来的型钢长度起着受弯段宽度的作用，所以这时 $b = 1$ 毫米）弯曲所需的总功（公斤毫米）：

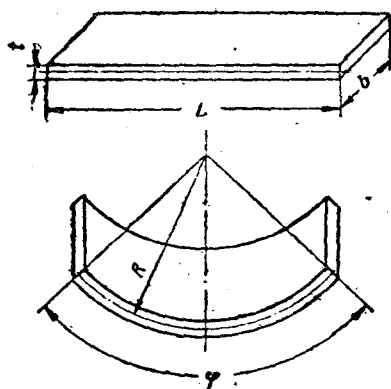


图 1—5 受弯段的净弯度

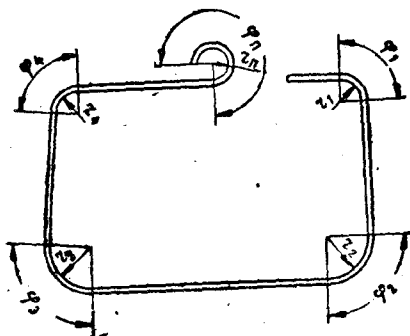


图 1—6 型钢总弯曲角计算图

$$A_{06} = \sigma_b \frac{t^2}{4} \sum_{i=1}^n \varphi_i \quad (18)$$

冷弯机进行复杂型钢弯曲所需理论功率（馬力），在不考虑因坯料和工具摩擦力引起的损失和机床传动引起的损失时，将为：

$$N_{\text{теор}} = \frac{A_{06} V}{60 \times 75} = \sigma_b \frac{t^2 V}{18000} \sum_{i=1}^n \varphi_i \quad (19)$$

式中 V ——成品出来的速度，米/分。

弯曲复杂型钢所需实际功率，在不考虑冷弯过程中引起的损失（坯料和工具的摩擦力，斂角时轧辊对坯料的补加压力，经过每对辊子后因弹跳现象型钢受弯部分再次弯曲等）时，可按下列式算出：

$$N_{\text{д.ф.с.т}} = \frac{N_{\text{теор}}}{X} = \sigma_b \frac{t^2 V}{18000 X} \sum_{i=1}^n \varphi_i \quad (20)$$

式中 X ——表示弯曲此复杂型钢所需理论与实际功率关系的系数此系数由試驗决定（參閱表1—1）。

所需总功率（考虑传动系统中的损失在内）等于：

$$N_{\text{пол}} = N_{\text{д.ф.с.т}} + N_{\text{xx}}$$

式中 N_{xx} ——空轉所需功率。 (21)

为了計算系数 X 和空轉所需功率 N_{xx} ，布泽列夫斯基进行了試驗，結果見表1—1。

机床所需总功率 $N_{\text{пол}}$ 是在稳定冷弯过程中以工业用分析器測定的。空轉功率 N_{xx} 是自冷弯机主軸取掉轧辊后測定的。

完成弯曲工作所需理论功率 $N_{\text{теор}}$ 是按式 (19) 計算的。

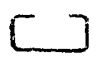
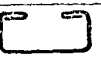
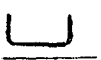
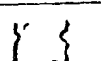
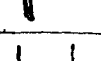
型钢由冷弯机出来的速度是直接測定的。

先測定每一坯料的断面厚度，然后作机械試驗。試驗結果見表1—1（其中 σ_s ——屈服点）。

由表1—1可得到結論，系数又平均可取为0.10—0.07。但最

表 1—1

冷弯功率

形 状	带 钢 截 面	σ_s 公斤/ 毫米 ²	σ_b 公斤/毫 米 ²	ϵ %	v 米/分	N_{II} 瓩	$N_{теор}$ 瓩	$N_{пол}$ 瓩	X	备 注
	2×80	24.2	36.7	38.6	30	18.6	1.1	40	0.052	1
	11.5×63	19.8	31.8	43.3	31	3.46	0.568	12.8	0.061	
	1.2×50	26.5	40.8	40	31	3.46	0.938	14.60	0.085	
	0.8×60	19.6	32.3	51.2	31	3.46	0.15	5.85	0.063	2
	1×66	22.5	40.7	33	31	3.46	0.333	6.38	0.014	
	2×56	31.1	38.8	32.9	31.3	7.98	0.621	14.6	0.095	
	1.2×100	18.6	32.2	46	31.3	7.98	1.475	24	0.092	3
	0.5×22	22.2	34.8	34	27.9	1.16	0.098	1.92	0.128	
	1.2×42	23.5	31	42	27.9	1.16	0.4	5.8	0.086	
	1.2×50	25	36.4	45	27.9	1.16	0.368	5.65	0.082	4
	1.5×32	24.2	33.9	39.6	27.9	1.16	0.277	4.0	0.098	

附注：1. 冷弯机有14对主轴，蜗轮传动，电动机 $N=40$ 千瓦；

2. 冷弯机有14对主轴，齿轮传动，电动机 $N=20$ 千瓦；

3. 冷弯机有14对主轴，蜗轮传动，电动机 $N=40$ 千瓦；

4. 冷弯机有8对主轴，齿轮传动、电动机 $N=7$ 千瓦。

好按表1—1选择各断面的系数。

1号冷弯机空轉功率值大，原因是該机床剛制成不久，尚处于試轉阶段。第一个断面的X系数較小，大約是工具质量不良之故。

对弯曲許多断面所需冷弯机总功率是在反复調整工具后数次測得的。在冷弯过程稳定的条件下，这种測定的結果，对同一断面說来，其变化只在5—8%以內。

这样可以作出結論：当有熟練的調整工时，虽对同一断面作不同調整机床所需动能沒有变化。

由表1—1的数据也可作出結論，馬拉姆德說冷弯机效率在0.60—0.40之間是沒有根据的。

E.格里芬根据試驗也得出結論：冷弯时理論成形功值只為机床所需总功率的10%，而90%都不可避免地損失了。

照他的意見，功率損失主要原因是坯料和工具的摩擦，坯料的彈性变形以及因坯料厚度比額定尺寸增大时帶鋼在軋輥間發生的冷軋現象。

所提的近似計算法；即按式(20)(21)并利用表1—1來計算冷弯机所需功率的方法，比墨克爾特的方法簡單得多。因此可用近似計算法來作大致的計算。

(譯自В.И. Давыдов. М.П. Максиков

Производство гнути тонкостенных

профилей)

三、冷弯型钢生产工艺

根据上鋼十厂的具体情况，选择了如下的生产流程，并配置了相应的設備和厂房建筑等。