

〈冶金译丛〉

金属压力加工

第一輯

冶金译丛編譯委员会

上海市科学技术编译馆

53

2

冶金译丛
金属压力加工
第一辑

冶金译丛编译委员会

*

上海市科学技术編輯館出版
(上海南昌路59号)

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所发行

*

开本 850×1156 毫米 1/32 印张 8 字数 240,000
1966年5月第1版 1966年5月第1次印刷
印数 1—6,000

编号 15·376 定价(科七) 1.35 元

內 容 提 要

本專輯着重介紹有关高温合金的塑性变形和鍛軋工艺、挤压金属的生产技术及其发展趋势、薄帶軋制、冷軋异型管和各種鋼絲的生产工艺的資料。

本專輯刊載譯文二十二篇，可供軋鋼专业的技術人員、科研人員以及鋼鐵学院和技校師生参考。

目 录

1. 軋制热强合金的变形抗力	1
2. ЭИ 437 ВУ 合金鍛造工艺的改善	7
3. ЭИ 437 合金的塑性	14
4. ЭИ 435 合金的塑性	21
5. 高合金鋼和合金鑄錠鍛造温度范围的确定	26
6. 难变形合金鑄态組織轉变为变形組織所需的变形量	32
7. 鋼挤压的发展 (一)	36
8. 鋼挤压的发展 (二)	52
9. 难熔金属的挤压	85
10. 用玻璃潤滑剂挤压鋼材的发展	97
11. 冷挤压模具的设计因素	100
12. 薄带軋制 (一)	126
13. 薄带軋制 (二)	150
14. 鉸箔片生产	176
15. 影响不銹鋼板表面质量的各种因素	181
16. 冷軋异型管	187
17. 不对称断面异型管生产的掌握	198
18. 冷軋异型管时变形的不均匀性	212
19. 用軋式拉模生产小尺寸异形鋼絲	215
20. 高强度鍍黃銅鋼絲生产过程的改进	221
21. 制針鋼絲生产工艺过程的改进	226
22. 硬质合金拉拔模具的分析和計算	235

1. 軋制热强合金的变形抗力

М. Л. Зарощинский 等

近年来,在机器制造工业中采用热强材料已越来越频繁。飞机、直升飞机、内燃機車等的零件必須用热强材料制造。可是,由于热强合金几乎都具有低塑性和高变形抗力的特点,因此給压力加工带来了很大的困难。

为了設計軋制的工艺方案,必須具有計算金属在軋軋上的压力的原始資料。

金属在軋軋上压力的理論計算是一項复杂的任务,尤其在軋制热强鋼时,压力的計算必須仔細考虑到外摩擦、变形速度、压下量和温度的影响。可是許多热强合金的这些指标完全是不清楚的。

目前,利用軋制普通結構鋼的设备来軋制热强合金。

在軋制热强合金的生产条件下,一般地說,还未看到有关发生过載方面的資料。因此,有时所使用的设备負荷不够,有时却負荷过大。例如,在“电炉鋼”厂曾有过連接套筒、工作軋以及軋机损坏的情况^[1]。

因此軋制热强合金时变形抗力方面的实验数据具有特别重要的意义。

为了确定真实的負荷,“电炉鋼”厂在“600”軋机上軋制热强合金 ЭИ 661、ЭИ 867、ЭИ 929、ЭИ 435、ЭХ 20Н80 和其他热强合金时,測量了金属在軋軋上的压力。在軋制热强合金时采用了两种不同的孔型設計。第一种孔型設計是用来軋制 ЭИ 602、ЭИ 435、ЭХ 20Н80、ЭИ 221 以及 У8、65Г、30 ХГСА 和某些其他类型的高合金和碳素鋼的,第二种孔型設計是用来軋制热强合金以及高速切削合金用的(图 1)。

合金鋼錠重量和尺寸、軋制温度、鋼坯的終断面和道次經研究后列于表中。

金属在軋軋上的压力是用带有金属絲变形測定器的測压計測定。

因为研究工作是在三軋軋机上进行的,所以把測压計安置在压下螺絲的下面,以便軋制时在上、中軋軋之間进行測量,又将測压計安置在下軋軋的下面,以便軋制时在中、下軋軋之間进行測量。

曾使用 $d:h=0.7$ 的鋼制圓柱體作為壓下螺絲下面的測壓計。

為了測量中、下軋輥之間在軋制時的壓力，使用下軋輥升降調節楔作為測壓計，在楔壁上考慮了粘貼變形測定器的地方。

用安裝在軋機窗口上的液壓千斤頂來校準測壓計。千斤頂所產生的壓力用精密的壓力計來測定，而變形測定器的讀數通過 $\Theta T-4-54$ 電子線路系統，在 $MPO-2$ 電磁示波器底片上記錄下來。

用測壓計測壓精確於用粘貼在機架上的變形測定器的測壓，因為在後一種情況下，校準和實測條件不一樣。在校準時測定的只是垂直壓力，而在軋制時，由於軋輥直徑的差異而又出現水平分力。這一點已被實驗驗算所証實^[2]。

在試驗時，用 $ОППИР$ 光學高溫計來測量軋制溫度。測量壓力時，每種鋼號不少於 10 支鋼錠。這就得到近 2000 個波形圖（在每一波形圖上記錄一個道次）。

金屬對軋輥壓力測量的結果示於圖 2。分析所得到的結果表明，第一類合金最難變形的是 $\Theta И 661$ 型合金。在 $1H$ 和 $3H$ 孔型中軋制時，出現最大的壓力，這是由於壓縮率高和接觸面積大的緣故。

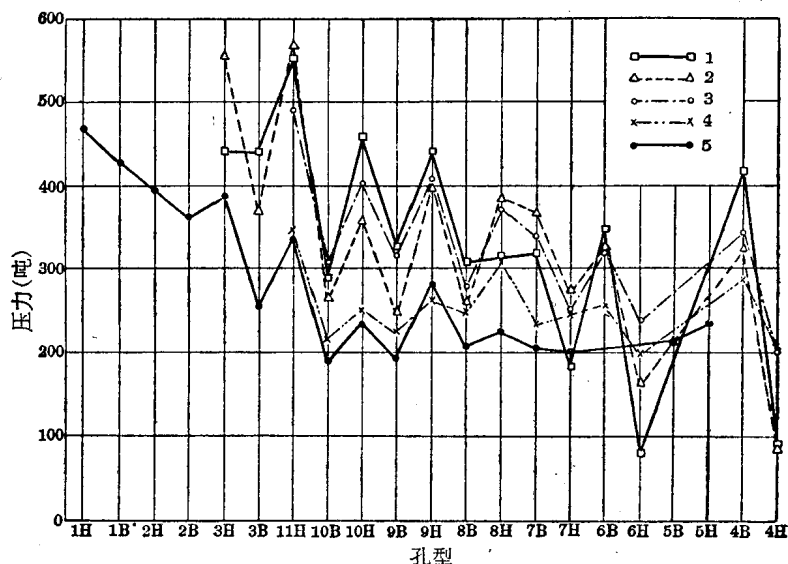


圖 2 軋制熱強合金的壓力圖表

1— $\Theta И 867$ ，錠重 165 公斤；2— $\Theta И 661$ ，錠重 165 公斤；3— $\Theta И 661$ ，錠重 90 公斤；4— $\Theta И 929$ ，錠重 90 公斤；5— $\Theta P-9$ ，錠重 275 公斤

也用同一孔型来轧制 $\Phi P-9$ 合金时的压力值作比较。根据这些条件, $\Phi H 661$ 合金的变形抗力几乎高出 $\Phi P-9$ 合金的一倍。

在轧制第二类合金时, $\Phi H 435$ 合金具有最大压力, 达到 450 吨。

$\Phi X 20 H 80$ 合金的变形抗力与 $\Phi H 435$ 合金近似。

在其他条件相同的情况下, 压力数值较之更低乃是轧制高合金钢 ($\Phi 8A$ 、 $30 X \Gamma CA$ 、 65Γ 等) 的特点。为概括变形抗力, 曾建立下面关系式:

$$P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$$

式中: $P_{\text{平均}}$ ——平均单位压力;

l ——变形区长度, 毫米;

$$h_{\text{平均}} = \frac{h_0 + h_1}{2}, \text{ 毫米}$$

在轧制某些合金时, 通过样板作图法求出接触面积。因为在轧制时发生轧辊的偏斜和椭圆孔型中轧件扭转, 这就使按孔型图计算的接触面积与实际不相符合。

第一类热强合金和高速切削合金的 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 关系列于图 3, 而第二类热强合金和高碳钢的列于图 4。

研究这些关系之后, 可以得出以下结论:

1. 关系式 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 对于热强合金在 $\frac{l}{h_{\text{平均}}} \approx 0.5$ 时有最小值, 关系

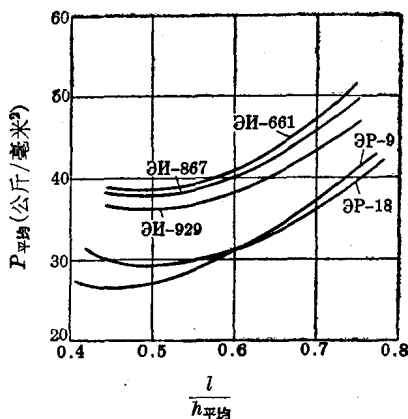


图 3 热强合金和 $\Phi P-9$ 、 $\Phi P-18$ 钢的 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 关系

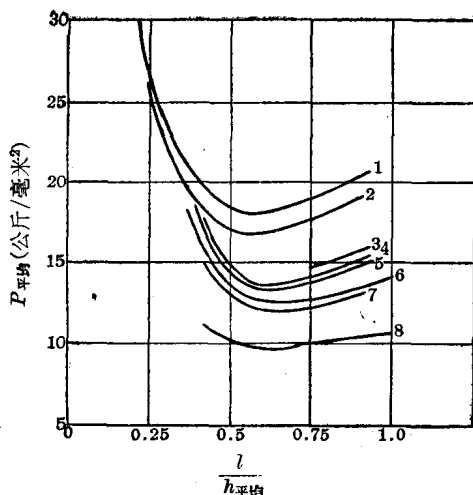


图4 热强钢和高合金钢的 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 关系

1—ЭИ-435(轧制温度, $t=1150\sim1100^{\circ}\text{C}$); 2—ЭХ20Н80($t=1100\sim1050^{\circ}\text{C}$);
3—ЭИ-221($t=1080\sim1050^{\circ}\text{C}$); 4—ЭСВХ20Н10Г6($t=1050\sim1030^{\circ}\text{C}$); 5—
30ХГСА($t=1050\sim1030^{\circ}\text{C}$); 6—Э70Г2ХА($t=1050\sim1030^{\circ}\text{C}$); 7—65Г($t=$
1050~1030°C); 8—У8А($t=1060\sim1030^{\circ}\text{C}$)

式 $P_{\text{平均}} = \frac{l}{h_{\text{平均}}}$ 对于高碳钢在 $\frac{l}{h_{\text{平均}}} = 0.6 \sim 0.7$ 时有自己的最小值。最小值的位置不一样可以理解为摩擦条件不同。摩擦系数越小, 则最小值越接近 $l:h_{\text{平均}}=1$ [3]。

2. 在一定的温度、变形速度和压下量 σ_{ϕ} 的条件下, 曲线沿纵轴的分布取决于金属单向变形时的抗力。

3. 在 $l:h_{\text{平均}}=0.4\sim0.7$ 的条件下轧制是最有利的。这时平均单位压力最小。

关系式 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 不仅可以应用在轧机的金属对轧辊的压力计算, 而且也可应用于其他轧机(其中包括重新设计的轧机)。

当没有宽展或宽展很小时, $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 是一个综合关系式, 因为它考虑到轧辊的尺寸、压下量和轧制速度。

事实上, Г. Валквист[4] 在轧辊直径为 340 毫米的轧机上轧制 16 个钢种样品, 其宽度为 50 毫米, 厚 2.5, 5, 10 和 20 毫米, 压下量为 10, 20, 30 和

40%，在温度为 800, 900, 1000 和 1100°C 的条件下进行了材料試驗。試驗結果表明，关系式 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ ，对于不同厚度的軋件实际上都符合（高温下）。例如，对碳素鋼而言，在 1100°C 的条件下，对厚度为 2.5 毫米和 20 毫米的軋件（在 $l:h_{\text{平均}}=2.0$ 的条件下，以 10% 压下量軋制时）， $P_{\text{平均}}$ 的数值比实际情况小 10%，而在 $l:h_{\text{平均}}$ 的比值較小的情况下，則与实际情况是相符合的。

对于高速切削鋼 P-18 而言，这个差值稍为大一点。可是应该考虑到細薄軋件的温度損耗是很快的。

在劳特 (Лайт) 軋机和莫斯科包伍曼技术学校軋徑为 160 毫米的实验室軋机上，在軋制与此相同的合金时，所得到的 $P_{\text{平均}} = f\left(\frac{l}{h_{\text{平均}}}\right)$ 关系式，与在“600”軋机上在相同温度与相同速度制度下所得的完全相符。

参 考 文 献

- [1] М. Л. Зарошинский, В. М. Лушников, Г. С. Никитин. Исследование силовых условий при прокатке слитков малопластичных сплавов. «Изв. высш. учебн. завед.», 1959, № 11.
- [2] Экспериментальное определение силовых параметров при прокатке специальных сплавов на стане «600» и 12-клетевом непрерывном стане ЦКБММ-17. Отчет по теме № 3511.
- [3] М. Л. Зарошинский, Г. С. Никитин. Определение давления металла на валки при прокатке жаропрочных сталей (печатается).
- [4] Г. Вальквист. Исследование энергосиловых параметров при горячей прокатке металла. Металлургиздат. 1957.

宋超池譯

原載《Новые процессы обработки металлов давлением》

1962 年, 44~48 頁

2. ЭИ437БУ 合金鍛造工艺的改善

Б. Н. Назаринов 等

大多数现代的铬镍热强合金,在进行压力加工时出现较低塑性。

引起破裂的原因之一是在变形金属的个别地方出现拉应力,它对此类合金特别有害,因为晶界聚集了杂质、碳化物和不同的固相,引起了晶界键的削弱。

对某些热强合金的塑性变形进行多次研究,查明了这种合金的变形条件根本区别于一般结构钢压力加工条件。和一般合金比较,热强合金具有以下特点:

1. 变形抗力较大,这与较大塑性变形应力以及需要功率较大的设备(锻锤、压力机、操纵机等)有关;

2. 再结晶温度高速度小,这造成在高温下的显著强化。这导致变形抗力提高,塑性降低,变形不均匀性增加和引起局部再结晶;

3. 当耐热合金中有如硫、铝和锡等的化合物存在时晶界和亚晶键的减弱。而这些化合物引起塑性降低(特别是在高温下);

4. 导热率低,要求采用特殊的加热条件;

5. 锻造温度范围窄,导致加热次数增加,加热炉的位置必须尽可能靠近锻锤或压力机,必须将工具预热到 $150 \sim 400^{\circ}\text{C}$, 和使用生产能力较高的工具,特别是在缺口砧上和切口形状对称的菱形砧上进行延伸操作,须使用特殊的夹具将金属夹住,并从炉子到锻锤来回运送;

6. 当金属氧化皮的去除不良时,有少量氧化皮存在;

7. 金属的价格高;

8. 钢锭中有较明显的轴向收缩缺陷,但这些缺陷可通过以下方法减少:

- 1) 采用锥度大的钢锭,以及减小高度与直径之比;

- 2) 锻造时增加送进量,从而保证锻得更透以及保证内部缺陷的焊合。

为改善锻件的质量、金属的致密性以及内部缺陷的焊合,要尽可能在较明显的各向压缩下进行锻造,而且要避免这样的变形方案,即在锻件的个别地区

产生显著的拉应力。这些应力,当其与相同符号的变形一致时特别有害。

在选择砧头的形状时,要尽可能在变形过程中,特别是在鋼錠鑄态組織變形的开始时,保証砧与鋼錠(鋼坯)之間最大的接触。

实际采用的延伸用砧(考虑了鋼坯的形状),是根据其对鍛造机械系統影响恶化的程度排列,如图 1 所示。根据在被加工鋼坯断面上排列的滑移綫网,可以判断断面上变形的扩展情况、塑性平衡区的位置以及可能出现拉应力的区域。

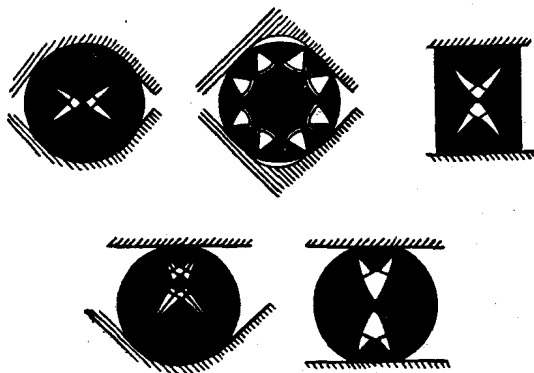


图 1 在不同形状的砧上延伸坯料的示意图

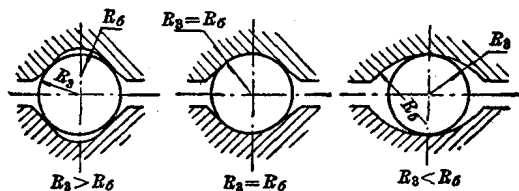


图 2 在缺口砧中坯料变形的示意图

在缺口砧上延伸坯料时,以下两点有很大意义: 1) 以包角 α 、頂的半徑和宽度表示的砧的切口形状; 2) 砧半徑 R_0 和坯料半徑 R_s 之比。

圓坯料在缺口砧上变形时, 可能出现三种不同方案(图 2): $R_s > R_0$; $R_s = R_0$; $R_s < R_0$ 。 $R_s = R_0$ 的方案是最合理的, 但在实际中很少出现, 因为它只适合于一种尺寸的圓坯料和不大的压缩量。

研究方案 $R_s > R_0$ 和 $R_s < R_0$ 可以看出, 在第一种情况下創造了比較有利的鍛造力学条件, 特别是在缺口頂点处砧和坯料間原来的間隙不大和一定的

包角时。在实际中采用同一种缺口砧来对不同直径圆锭和圆坯料进行变形。所以在缺口砧上进行锻造时,三种方案都可采用。

方案 $R_3 < R_0$ 在延伸时,特别在坯料翻轉 90° 之后用得最多。这时通过百分之几的相对压缩之后,坯料和砧的接触显著地增加,应力状态和变形状态变得更为有利。

塑性金属变形时,平砧或包角不大的圆砧是較好的工具。如果变形的合金塑性低,則包角相当大的包容孔型是較好的工具系統。热强合金在压力加工时,塑性降低的原因之一是沿着延伸变形的方向有拉应力区存在。所以必須有这样的工艺系統,在此系統下使拉应力最小或完全没有。

在 Челябинск 冶金厂进行了改善 700 公斤重、錐度为 10.8% 的 ЭИ437БУ 合金鋼錠的鍛造工艺的研究。

ЭИ437БУ 合金属于奥氏体类,根据 ЧМТУ/ЦНИИЧМ874-63 (中央黑色冶金科学研究所的技术条件 874-63),化学成份如下:

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al
不大于 0.07	不大于 0.65	不大于 0.40	19~22	基体	2.5~2.9	0.6~1.0
Ca	B	Fe	Cu	Pb	S	P
不大于 0.01	不大于 0.01	不大于 1.0	不大于 0.07	不大于 0.001	不大于 0.007	不大于 0.015

研究的目的在于以新的更完善的工艺将錠重 700 公斤、錐度 10.8% 的 ЭИ437БУ 合金鍛成 220 毫米圆,以代替鍛成 200 毫米方的工艺,以保证改善鍛件和成品制件的低倍組織,提高机械性能和持久强度。

研究是在实验室条件下进行的,但所得的结果在生产条件下用 1 炉試驗的和 12 炉生产性的 ЭИ437БУ 合金进行复驗。

在实验室条件下,曾在 ЛПЗ-67 型 50 公斤的碱性感应炉中熔炼了 5 炉 ЭИ437БУ 合金(每炉澆 4 支鋼錠)。鋼水被注入錐度为 10.8% 的錠模中。鋼錠重 10 公斤。鋼錠的外形与 700 公斤重的鋼錠相似,但具有柱状結晶区的低倍組織,此結晶几乎延伸到鋼錠的軸心。为了去除表面缺陷,所有的鋼錠都用車床进行剥皮。

在煤气单室炉中进行鋼錠的加热,用 0.4 吨重的气錘进行鍛造。鋼錠装炉温度不超过 750°C 。鍛造前(在炉中)鋼錠的温度为 1160°C 。鋼錠开始鍛造的温

度(在砧上)为 $1100 \sim 1080^{\circ}\text{C}$ 。鋼錠(在砧上)終鍛温度为 $900 \sim 950^{\circ}\text{C}$ 。鋼錠在寬 100 毫米、具有不同缺口形状上錘和下錘的砧上进行鍛造。

鍛压比相当于把 700 公斤鋼錠鍛成 200 毫米方坯的鍛压比。

曾試驗了下列各种砧: 1) 上下平砧; 2) 上部平, 下部带有 $\alpha_2 = 100^{\circ}, 105^{\circ}, 110^{\circ}$ 的缺口砧; 3) 上部和下部带有 $\alpha_1 = 105^{\circ}, \alpha_2 = 105^{\circ}$ 的缺口砧; 4) $\alpha_{1,2} = 90 \sim 150^{\circ}$ 角的各种砧。

700 公斤重的鋼材示于图 3, 鍛造 10 公斤鋼錠用的砧的示意图示于图 4。

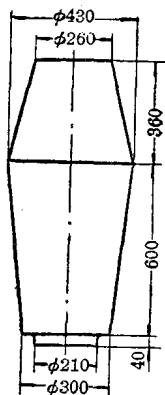


图 3 700 公斤重鋼材

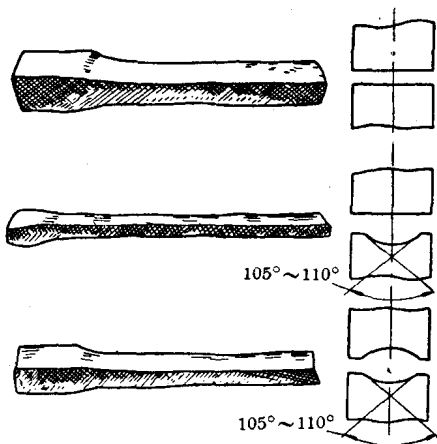


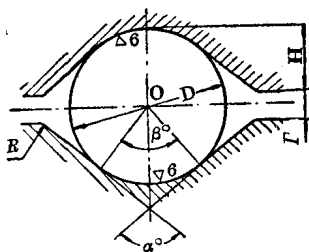
图 4 鍛造 10 公斤鋼錠用的砧的示意图

为闡明金属的应力和变形状态与砧形状的关系, 进行了重 15 公斤、錐度为 10.8% 的鉛錠的鍛造試驗。鉛錠由两块用伍德(Вуда)易熔合金粘接的矩形板車成, 而在其中的一块板上事先画好了坐标格子。鋼錠的延伸是在寬 100 毫米带有不同缺口角的干鋼砧之間进行。在变形之前, 鋼錠是这样摆放的: 要使有坐标格子的焊接面垂直, 并通过砧的对称面。然后翻轉 90° 等。

根据實驗室研究和对錐度为 10.8% 的 700 公斤重的工业鋼錠鍛造計算的結果, 选择了缺口角为 105° 的缺口砧。

在 Челябинск 冶金工厂, 为落下部分重 7 吨的鍛錘制备了缺口角为 105° 的缺口砧(图 5), 并鍛造了試驗的 ЭИ437Б 合金(8 支鋼錠)。

700 公斤重的鋼錠在連續式煤气加热炉中进行加热。装錠时炉子尾部温度为 400°C , 在均温段为 1160°C 。鍛造的温度范围为 $1050 \sim 930^{\circ}\text{C}$ (在砧上)。鋼錠經一次加热而鍛成直径为 230~270 毫米圓。将 2 支鋼錠再加热, 并在缺



名 称	D	α°	β°	Γ	H	R
断 面 I	200~220	110	70	0~20	100	25
断 面 II	200~220	105	75	0~20	100	25
断 面 III	200~220	100	80	0~20	100	25

图5 工业用缺口砧的示意图

口砧上鍛成 200 毫米圓。將所有鍛造過的坯料粗表面進行超聲波檢驗，沒有發現缺陷。還檢驗了鍛棒尾部、中部和頭部的低倍組織。

圓斷面和方斷面鍛件進行比較表明，在缺口砧上鍛造時，即使當鋼錠的壓縮量比較小時，低倍組織也是比較均勻和晶粒細小。

將鍛造了的直徑為 200~270 毫米的圓棒切成坯料，並放在落下部分重 6 噸的鍛錘上，以相對變形率 $\varepsilon \approx 70\%$ 進行鍛粗。開始操作前鍛錘的砧預熱到 250°C 。一火就完成鍛粗。鍛粗了的圓盤進行空冷，並進行超聲波檢驗。沒有發現內部缺陷。進一步將所有的圓盤在兩個直徑方向上檢驗低倍組織。這時在圓盤的整個斷面上呈現出均勻的細晶粒組織。

根據上述研究的結果，以 12 爐批投入工業性的生產。合金是在 5 噸容量的電弧爐中進行熔煉。鋼錠經剝皮之後，將可澆 8 支 700 公斤鋼錠的每爐鋼分成兩部分，要使每一部分由第一錠盤和第二錠盤各兩支鋼錠組成。因此，所有雙號鋼錠用作鍛造 220 毫米圓形，而單號鋼錠用作鍛造 220 毫米方形。

鋼錠在連續式和室式煤氣爐中按現行的工藝進行加熱。鋼錠加熱到極限溫度 $1160 \pm 20^\circ\text{C}$ 的總加熱時間在 20~25 小時之間，其中在高溫段為 5~7 小時。終鍛溫度不低於 900°C 。單號鋼錠給以預熱，鍛成方形，而雙號鋼錠不預熱，鍛成圓形。用落下部分重 7 噸的錘，在寬 300 毫米的平砧和缺口砧上進行鍛造，後者的缺口角 $\alpha = 105^\circ$ 。

旧和新的鍛造鋼錠的工艺流程示于图 6。鋼錠的鍛造以送进量 $(0.5 \sim 0.8)A$ 从头部开始, 这里 A 为压缩断面的厚度。

在合金的試制期, 重量为 700 公斤的鋼錠按示意图 a 进行鍛造 (持出 3 次)。由于掌握了鍛造工艺、减少了輔助操作和重体力操作的机械化, 就採納了图 6 中 b 的鋼錠鍛造工艺 (持出 2 次)。

被推荐并試驗的重量为 700 公斤的鋼錠在缺口砧上鍛造的工艺方案相当

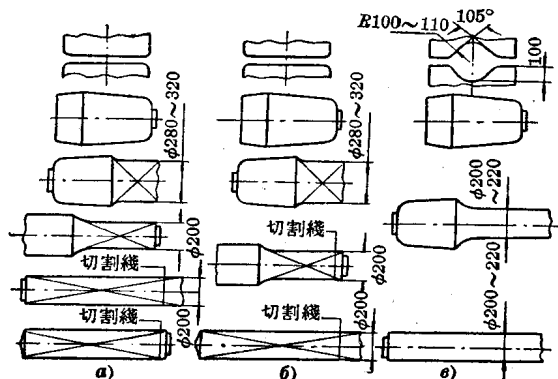


图 6 錠重 700 公斤的旧和新的鍛造工艺图

于方案 c 。一次加热鍛成 220 毫米圆形, 并从鋼錠头部开始。然后在砧上轉动鋼錠和錘打尾部。鍛造过的棒的头部和尾部在阳极机械切削机床上进行修整。

鍛造时进行的观察指出, 一次加热的鋼錠变形过程进行得完全正常。鍛造温度范围 $1050 \sim 900^\circ\text{C}$ (在砧上) 对完成这一过程是完全足够了, 何况在缺口砧上头部和尾部不用精整的鍛造过程。鍛造过程中, 鋼錠金属的加热比在平砧上鍛造时要强烈, 而且由于沿周边各方向的压缩轴向延伸就增加。

所有鍛造棒材进行超声波檢驗, 头部和尾部进行低倍組織檢驗。机械性能和持久强度, 是按工厂采用的工艺以鍛成 90 毫米方的試样来进行测定。鍛造和空冷后的試样按下列制度进行热处理: 1) $1080 \pm 10^\circ\text{C}$ 淬火, 保温 8 小时, 空冷; 2) $750 \pm 5^\circ\text{C}$ 时效, 保温 16 小时, 空冷。

其中一炉的机械性能和持久强度的范围列于表中。从表中看出, 金属的性能满足高要求的技术条件。从圆坯取得的金属的性能略优于或相等于从方坯得到的金属的性能。

12 炉工业性生产的 ЭИ437ВУ 合金的机械性能和持久强度

(Челябинск 冶金厂)

σ_b (公斤/毫米 ²)	σ_s (公斤/毫米 ²)	δ (%)	ψ (%)	a_k (公斤·厘米/厘米 ²)	d_{omn}^{**} (毫米)	σ^*	粗晶粒 (級)
-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------	---------------	-----------------------------------	------------------------	------------	------------

坯 料 断 面

圓	方	圓	方	圓	方	圓	方	圓	方	圓	方	圓	方	圓	方
101	98	72	73	17	18	18	16	3.2	3.0	3.5	3.6	162	115	2.0	2.0
117	116	81	78	29	30	25	29	6.2	5.9	3.7	3.8	250	320	3.0	3.5

按 ТУ 4376-54

90.0	60.0	13.0	16.0	3.0	3.4~3.8	100	—
------	------	------	------	-----	---------	-----	---

* 在 750°C 負載 30 公斤/毫米² 下鋼的耐熱強度——原注

** d_{omn} 系指壓痕直徑——譯者注

在鋼錠頭部及尾部的切頭及精整時，金屬的平均損耗相應為 33.9 和 4.1% (精整時) 和 29.8 及 1.3% (切頭時)。僅由於以陽極機械切割車床的切割來代替鋼錠的切頭和切尾，就可節約金屬約 7%。

郭文通譯 龔寶興校

原載《Кузнечно-штамповочное производство》1964 年，第 12 期，

1~5 頁