

国外资料

需在 600°C 温度下工作的铁素体合金钢耐热
性能研究的“科学研究报告No.15—23100
阶段”确定铸工工艺的主要参数

内部资料 注意保存



第一机械工业部

机械科学研究院译制

1960.8.北京

目 錄

序言.....	(1)
液体流动性.....	(1)
收 縮.....	(5)
热裂稳定性.....	(7)
形成薄膜的趋向.....	(13)
型砂的选择.....	(14)
結 論.....	(14)
附 件.....	(16)

序 言

根据苏联共产党第19次代表大会关于发展动力机械制造业方面的指示，计划大大地发展高参数蒸汽轮机和燃气轮的生产。

现代汽轮机的大部份零件是用耐热合金的铸件制成的。因此，中央机械制造与工艺科学研究院自然要积极地制造价格低而又不缺乏的。并且耐热强度指标足够高的新的合金成份。

但是，耐热合金铸件之新成份的编制必须与铸造性能的研究相结合。

只有同时进行金相研究和工艺研究，才能使新合金铸件获得高产优质。本报告仅仅是炼钢科(ОЖК)所进行的铁素体耐热钢性能研究的一部份。

本阶段研究工作的目的是确定钢(其成份按工艺条件选定的)的铸造性能的变化规律和确定其适当的参数。

我们选定了耐热强度性能良好的二种钢(ЦЖ—5Л和ЦЖ—5К)进行研究。此外为了进行比较，在铸造生产中还广泛地研究了普通碳素钢35Л。

所研究的钢的成份列于表1

进行了研究的有：这些钢的液体流动性，线性自由收缩率及热裂稳定性(热裂纹是由负荷而产生)。

所选定的型砂能使铸件表面良好。

表1 所研究的钢的成份

钢的牌号	含 量								
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	W	P	S
ЦЖ—5Л	0,15	0,80	0,40	12,5	0,80	0,60	2,2		
	0,10	0,60	0,20	10,5	0,60	0,20	1,8		
ЦЖ—5К	0,15	0,80	0,40	12,5	0,80	0,20	3,7		
	0,10	0,60	0,20	10,5	0,60	0,20	4,2		
35 Л	0,40	0,80	0,37	0,30				0,045	0,045
	0,30	0,50	0,17	0,00				0,000	0,000

本报告的试验工作在炼钢科的铸钢铸件实验室进行。

液 體 流 動 性

液体流动性是合金铸造的主要性能，即漏气，要将孔隙堵塞并恢复铸件的外形。

由于金属的温度关系而产生的合金的液体流动性这一性质，就肯定会产生铸造缺陷。流动性的影响不大时所产生的一些缺陷是：未铸满、有间隙、冷隔、疏松、产生气体和收缩等。流动性

原文缩写字ОЖК疑为 ОМС=отдел металлургии Стали——译者

过大時会出现金屬粘砂。

按公式測定的流动性絕對值(1和2)由于缺少必要的系数,所以在新合金中經常不用,而在实际研究中是用各种經驗的方法來測定流动性的。这种方法只能得出一些相对的数据,但是可以用这些数据对各种成份之合金的流动性进行比较,或者工艺条件不同時对流动性进行比较。从鋼鑄件實驗室所获得的經驗中,可以看出、螺紋形浇注法的灵敏度最高。但是由于主观条件(浇注速度,浇合高度,包子流咀的过热等等)的影响,在相同的溫度下,对同一成份之合金的流动性所进行的各个計算其差数达到其平均值100%。

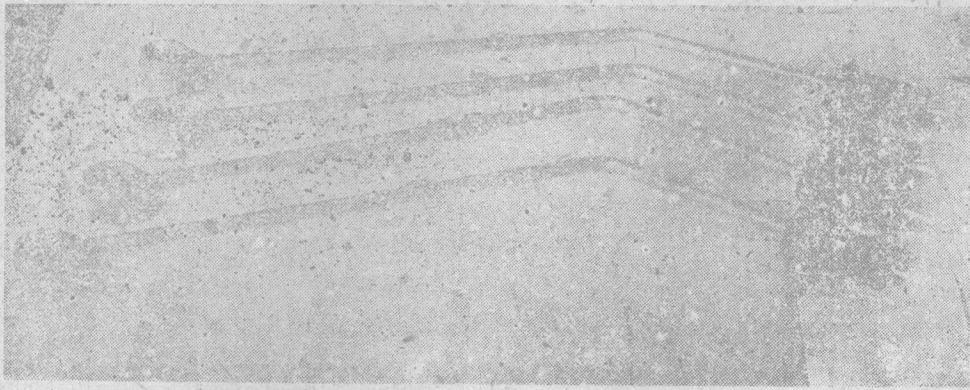


圖 1

四只热电偶的配套

按美国杂志所述,为了改善复制条件,用2个螺形浇管,一个接一个的浇鑄,如螺紋长度的差值不大時可采用其平均值,如差值較大時則选用試驗的結果。这种方法的特点是劳动量較大,所費的金屬和型砂材料較多。

鋼鑄件試驗室所制訂的最經濟和最精确的方法是:采用一个干燥的螺管,螺管内部有三角形截面的螺紋槽、螺紋高度为 $7 \times 8\text{MM}$,在該螺管外套一个鎢—銅热电偶(热电偶配套見图1)。

螺紋槽的头一直通到外面。

热电偶与电子电位計相連。热电偶伸进螺紋槽的深度要根据流动性而定,略低于螺紋槽头部的深度,塞以螺紋塞,电子电位是热电偶溫度的記錄仪。

从开始过热到流动性等于零的这个冷却过程中迅速将合金装入坩鍋內,以便化最少的合金和型砂材料來消除流动性的性質。

图2所示的是用記錄的方法确定下來的与鋼ЦЖ—5Л(用鮮材料加30%ЦЖ—5К的料头炼出的)的流动性性質相符的数据,它也可用來与鋼35Л的流动性性質相比較。显然在 1500°C — 1600°C 溫度的工艺範圍內,鋼ЦЖ—5的流动性較之碳鋼的流动性要大得多。低于 1500°C 時这种情况的变化是由于在鋼ЦЖ—5的表面形成了非坚硬的氧化层,其晶粒混乱、因而增加了鋼的内部摩擦。

根据图2上各个点的位置可以看出,用废料头(其中气体、硫和磷的含量較多)炼成的鋼ЦЖ—5,其流动性要比用純原材料炼成的鋼的流动性大。

图3和图4所示的是把用老方法(用螺紋鑄模浇注法)和用新方法(利用螺紋塞的浇注法)浇鑄出來的鋼ЦЖ—5及35Л的流动性进行比较。在图表上可以看出,利用螺紋塞的浇注法是比较

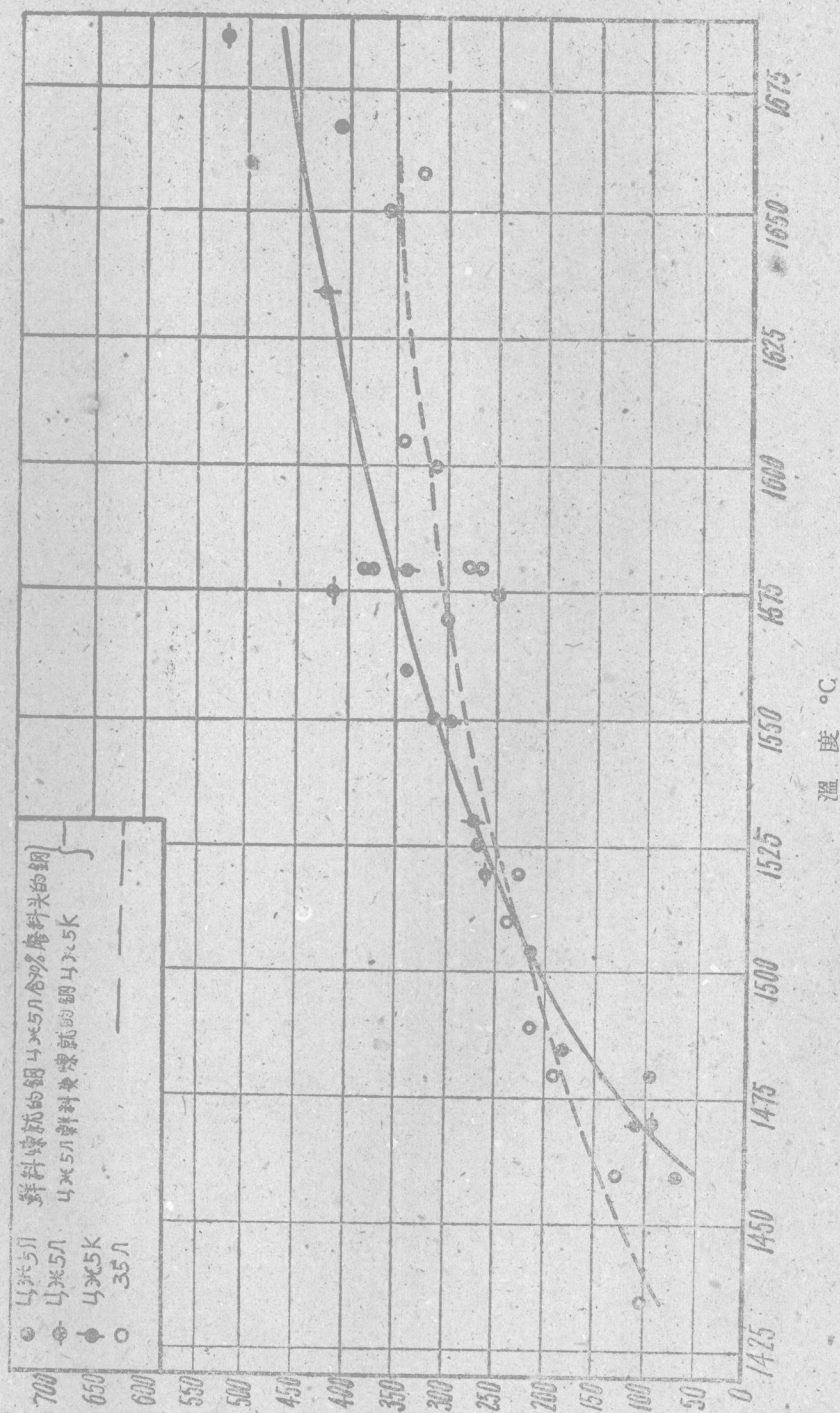


圖 2 鋼 12X-5 和 鋼 35Π 的流動應力取決於溫度

优越的。直接将螺紋心棒装入合金內并同时检查其温度，这样就扩大了向上及向下来研究温度的范围。这样对于在液相线范围内和流动性等于零的温度范围内来研究流动性提供了很重要的可能性。

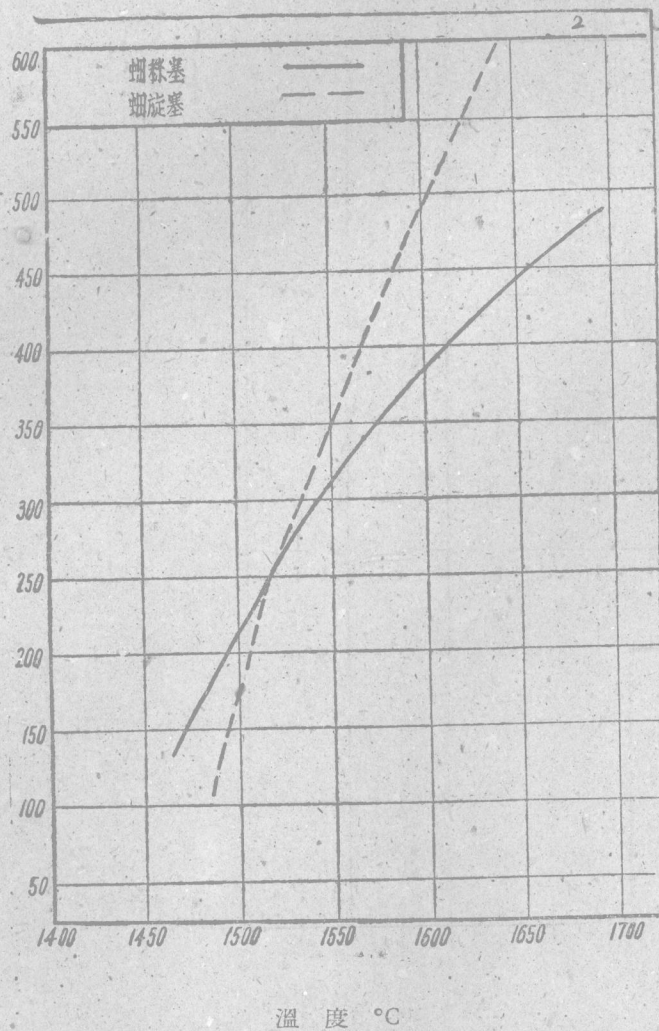


圖 3 鋼ЛХ-5澆注時的流動性取決于溫度

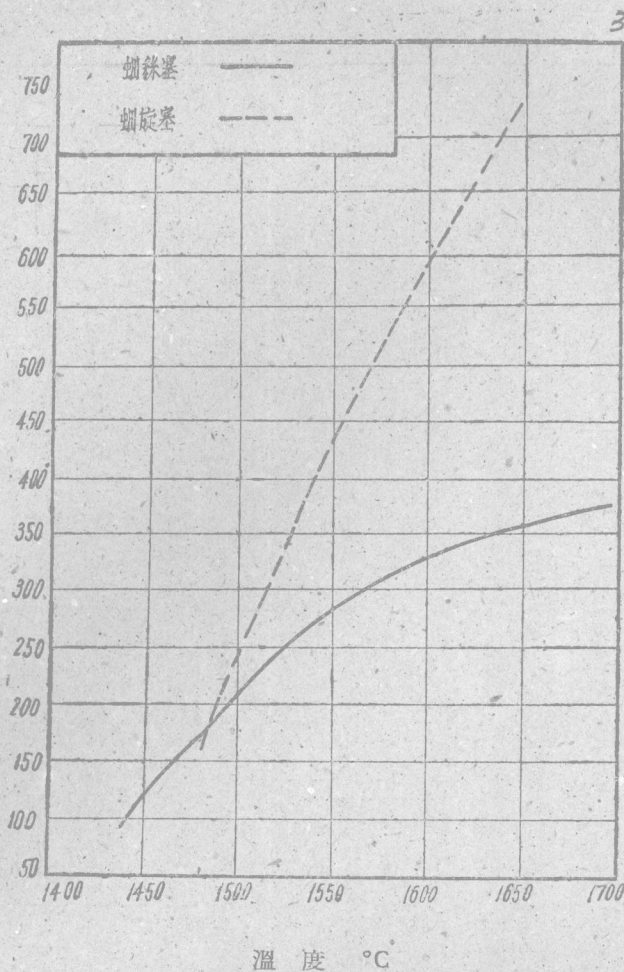


圖 4 鋼30Л在澆注時流動性取決於溫度

收 縮

綫性自由收縮是鑄造合金的性質，即在澆注後由鑄模尺寸至鑄件尺寸的無阻礙的收縮。要知道綫性總收縮值就需計算全套鑄模的尺寸。在固相綫範圍內的綫性收縮值在很大程度上可以決定合金的熱裂穩定性，在這一溫度內的收縮愈大，合金的抗裂穩定性愈小。

綫性自由收縮的總尺寸可按照長為200MMΦ20MM之圓柱形試樣的收縮值來確定。將試樣的一端固定並與儀器的底座相聯，則間接夾住的另一端就向數字千分尺的底部收縮。澆注後20小時，即讓試樣在鑄模中完全冷卻後取出測量。綫性自由收縮的研究結果列於表2。

從表中可以看出，綫性自由收縮值隨着澆注溫度的改變而有所增長。在最可能的澆注溫度(1550°C)下，收縮尺寸約為2.30%，超過了鋼35Л的規定收縮值—2.1%。

冷卻過程中綫性收縮值的變化決定於鋼鑄件實驗室所設計的儀器和鋼的熱裂穩定性。

表2

鋼ЛЖ—5Л, ЛЖ—5К及35Л的綫性收縮值

浇注温度	鋼 的 牌 号		
	ЛЖ—5Л	ЛЖ—5К	35Л
1600	2,02	2,04	—
1550	2,29	2,29	2,09
1500	2,33	2,40	—

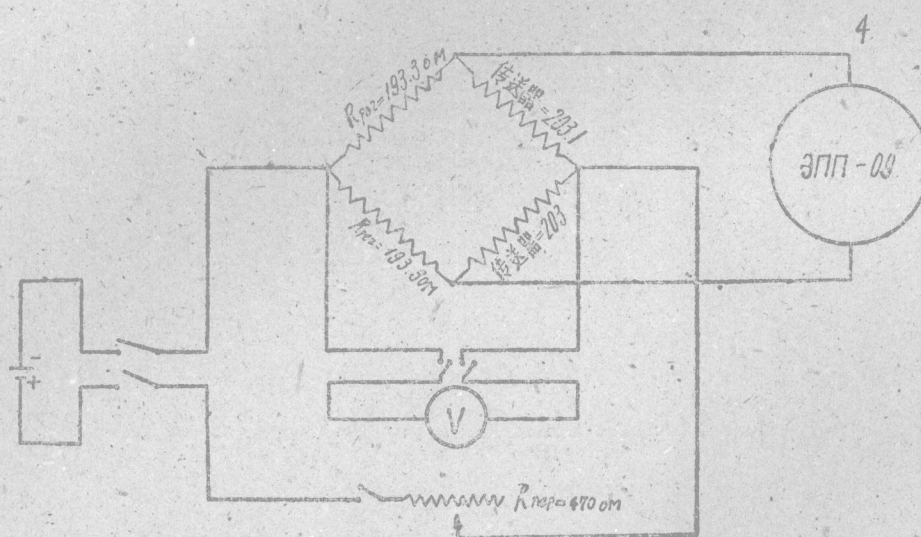


圖 5 測定收縮和熱裂穩定性的電橋電路系統圖

浇注后在特种砂型中成型的試样其一端是固定在砂型上不动的，而另一端則和一般鋼銷子相联并由一般鋼銷子去移动弹性薄片之自由端。在薄片的相对的平滑的面上，粘以相互补偿的拉力传送器，与电阻电桥联接（图5）。

試样产生收縮時，粘在传送器上的 $\Phi 20MM$ 康銅絲的长度要发生变化，薄片要产生弯曲。变形金屬絲之电阻的变化，会使得电桥（由料箱接合物之電池組供电）之接出綫头上的 Э.Д.С. 增大，用 ЭПП-09 型电子电位計迅速自动記錄下的 Э.Д.С. 的变化，就是試样冷却过程中綫性自由收縮值的变化。測定綫性自由收縮值的传送器刻度（图6）与弓形千分尺的刻度相同。記錄在图上的各个点是带传送器之薄片的差值連續三次計算的平均值（附件1）

以 $1550^{\circ}C$ 的温度浇注后在鑄模中冷却的 $\Phi 20MM$ 长 $320MM$ 鋼ЛЖ—5Л試样，其綫性自由收縮率的变化示于图7，图中可以看出，試样收縮的速度是不均匀的，当处在相位轉变的温度下時，变化較慢。

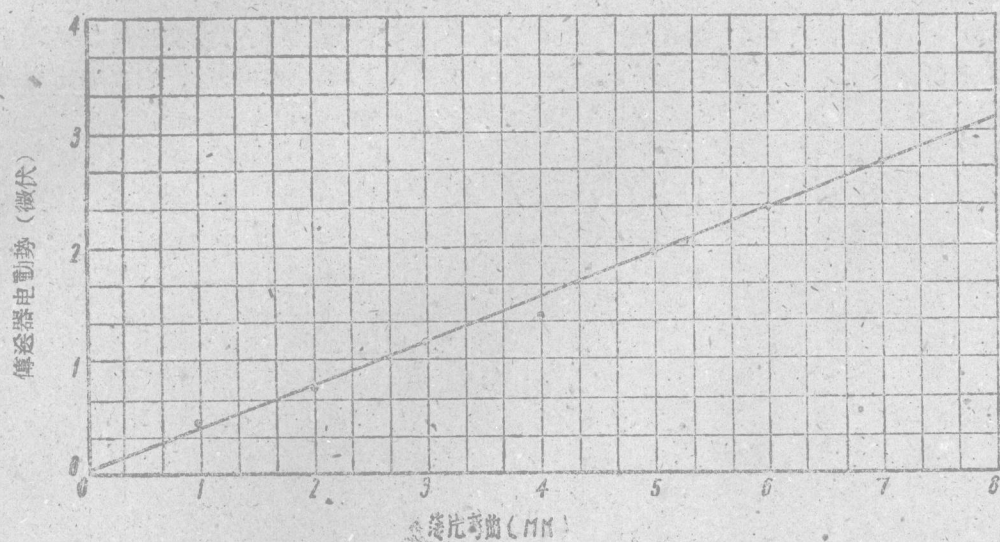


圖 6 綫性自由收縮測定儀之傳送器的刻度圖 電池組电压 3 伏，电桥 1

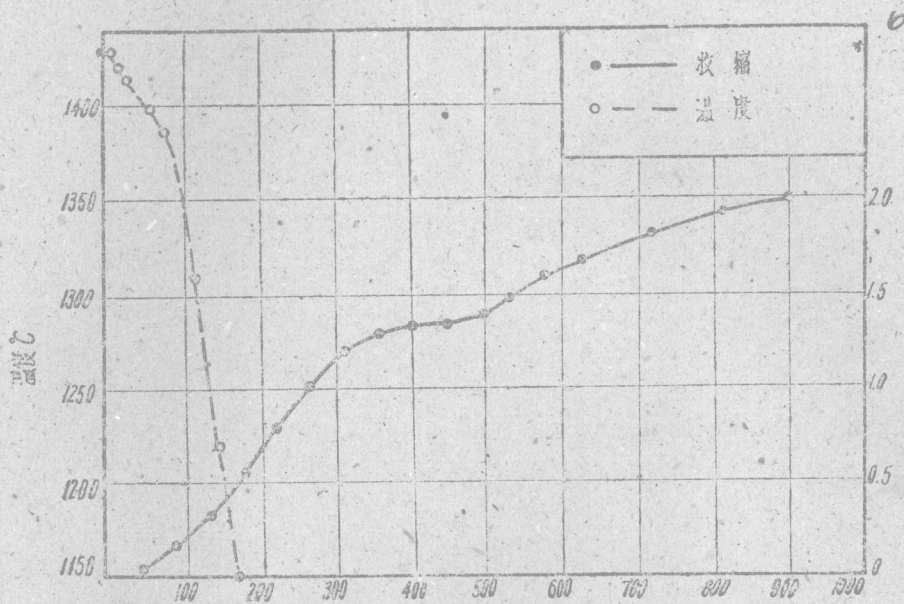


圖 7 鋼 11X-5 的試樣在鑄模中冷卻時收縮及溫度的變化

熱裂穩定性

熱裂穩定性是當鑄件難于收縮時抵抗產生熱裂縫的能力。裂縫較多且較寬的鑄件，其修補的困難也較多且補焊時所化的焊條也較多。

熱裂穩定性可以用負載加壓的方法來測定，因為端部固定的標準試樣，在收縮過程中給以負載時就會產生裂縫。

現行的熱裂穩定性檢驗方法（經常用倒值 Обратная величина）來表示，——即“形成裂縫的趨向”（6和7）只能估計試樣在形成裂縫時的最終結果，而不能在任何時候都進行自動記錄。

這樣，就必須研究新的測定熱裂穩定性的方法。要採用這樣的原則和裝置，它也能用來測定自由收縮。這樣，試樣的一端通過殷鋼銷子與有傳送器之鋼性薄片的自由端相聯，這樣，試樣的收縮就較困難。

關於負荷的大小，只要將試樣進行試驗，就能按三個薄片的刻度曲線來判斷（圖8）。薄片的彎曲取決於負荷或妨害試樣收縮的絕對值，（見圖9）。刻度值的數值列於附件2。

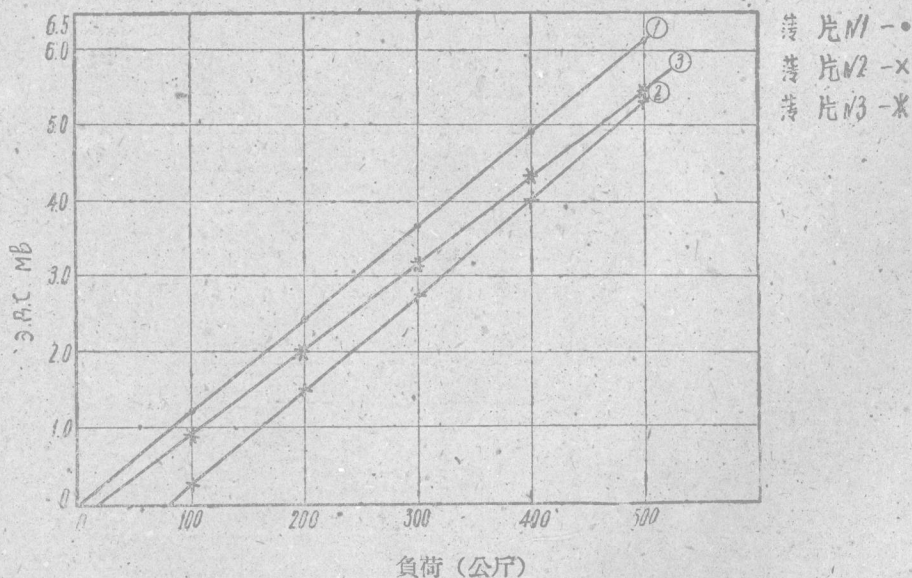


圖8 根據負荷而定的 Θ .Д.С型傳送器的 Θ .Д.С圖

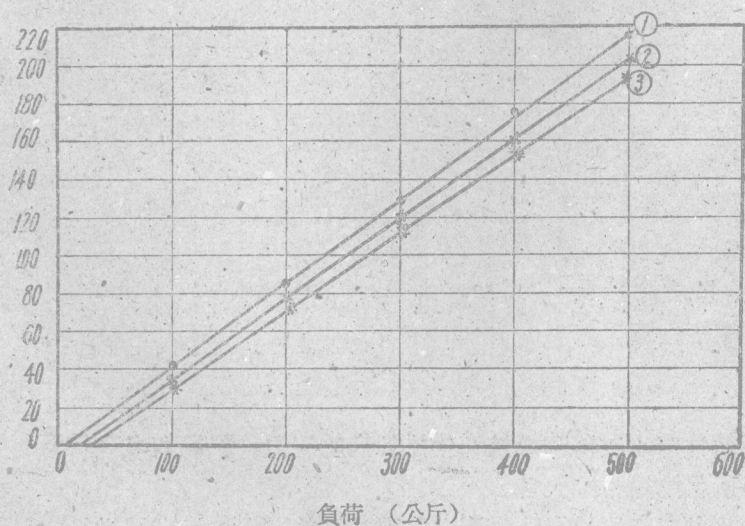


圖9 根據負荷而定的薄片彎曲圖表

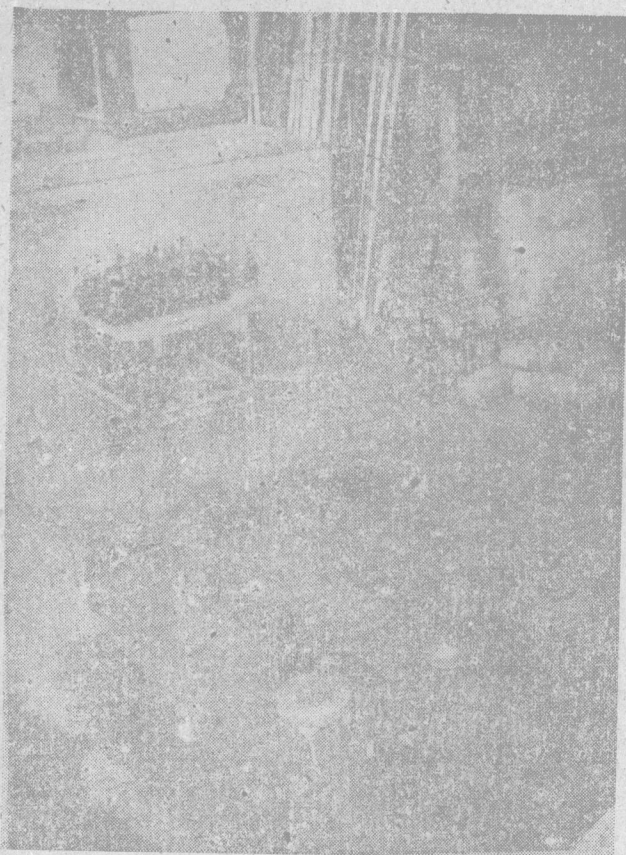


圖10 合金熱裂穩定性測定裝置

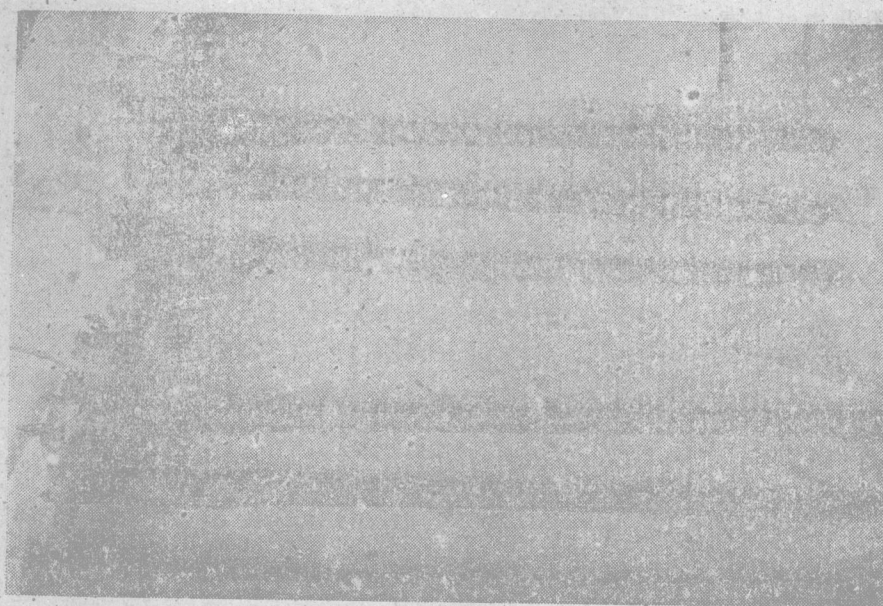


圖11 鋼 LK-5 試樣熱裂穩定性試驗後的情況



圖12 形成裂縫的試樣

准备进行試驗的試驗裝置示于图 10. 进行热裂稳定性試驗的零件示于图11和图12. 研究的經驗表明, 光滑的試樣难于出現热裂縫. 只是笨重零件 ($35 \times 130\text{mm}$) 及細长的 ($25 \times 570\text{mm}$) 圓柱形零件的阶梯形試樣会产生热裂縫.

这种現象的产生是由于阶梯形試樣的冷却不均匀的結果, 因为細长部份的收縮和冷却較快, 而粗重部份不易硬化而受到拉伸和断裂.

对試樣的冷却过程所进行的热分析証实了这一点, 表 3 中所列的是試驗試樣冷却的計算数据 (8)。

从表上的数据中可以看出, 以 $1500-1600^{\circ}\text{C}$ 的浇注溫度浇注后直到粗重部份产生裂縫時, 其細长部份已經冷却到 $355-500^{\circ}\text{C}$, 并已相应地收縮了 (按图 7) $0.5-0.7\%$, 即收縮了 $3-4\text{mm}$.

图13—16所列的是鋼 $\text{ЛЖ}-5\text{Л}$ 和鋼 35Л 在进行热裂試驗時用記錄的方法記錄下來的一些关于負載参数的图表。

研究图表上曲綫的位置時发现, 其开始部份的性質是不定的. 曲綫的这一部份表示出在裂縫形成后, 試樣的收縮較為困难. 再研究左右的曲綫. 从表 3 和图 7 中可以看出, 試樣粗重部份的結晶時間 (随浇注溫度的变化而变化) 为 $37-117$ 秒. 在这个結晶時間的範圍內可以看出一个性質, 即在产生热裂縫的过程中, 作用于試樣的負載要取决于結晶時間. 如果采用有效收縮开始一分鐘時的負載值作为热裂稳定性的相对系数的話, 那就可以得出規律性 (表 4)。

从表中可以看出, 試驗鋼的热裂稳定性在很大程度上要取决于浇注溫度. 浇注溫度为 1550°C 時热裂稳定性最大. 如果降低, 特別是提高这个最適合的溫度時, 热裂稳定性就要降低. 热裂稳定性随着浇注溫度的变化而变化的这一性質, 以前用其他方法 (3.) 研究時就已发现了.

試驗鋼的热裂稳定性不取决于鋼的熔炼. 对于鋼 $\text{ЛЖ}-5\text{Л}$ 和鋼 35Л 可以采用相同的浇注条件且具有相同的热裂稳定性.

表4

鋼ЛЖ-5Л及35Л 的热裂稳定性 (公斤)

	熔 炼	浇注温度			熔 炼	浇注温度		
		1600	1550	1500		1600	1550	1500
鮮材料	1440	20	98	30	1451	15	155	40
	1450	20	90	35				
	1455	26	93	43				
	平均	23	92	33		15	155	40
回爐料	1440H	13	90	62	1451H	50	95	33
	1450H	22	92	27				
	2455H	27	95	46				
	平均	17	92	45		50	95	30

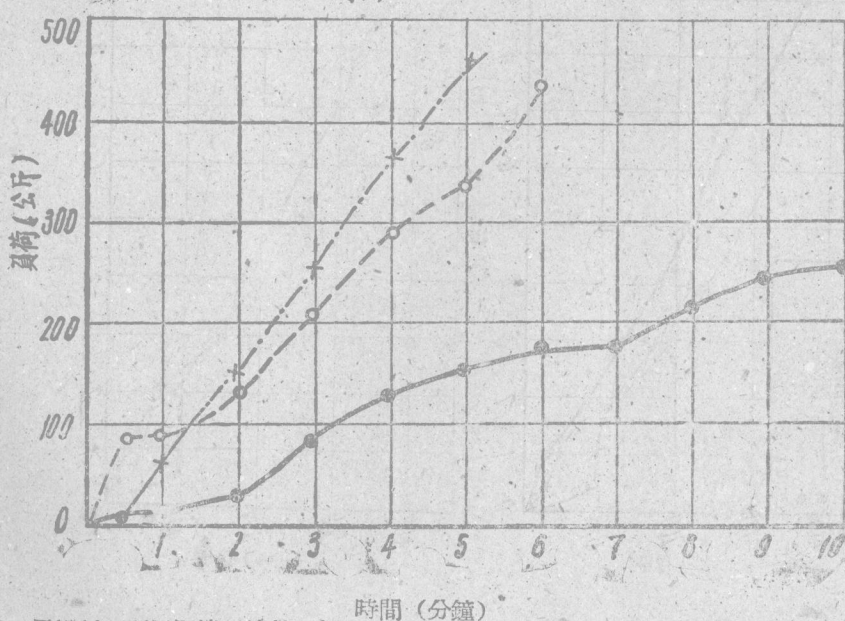
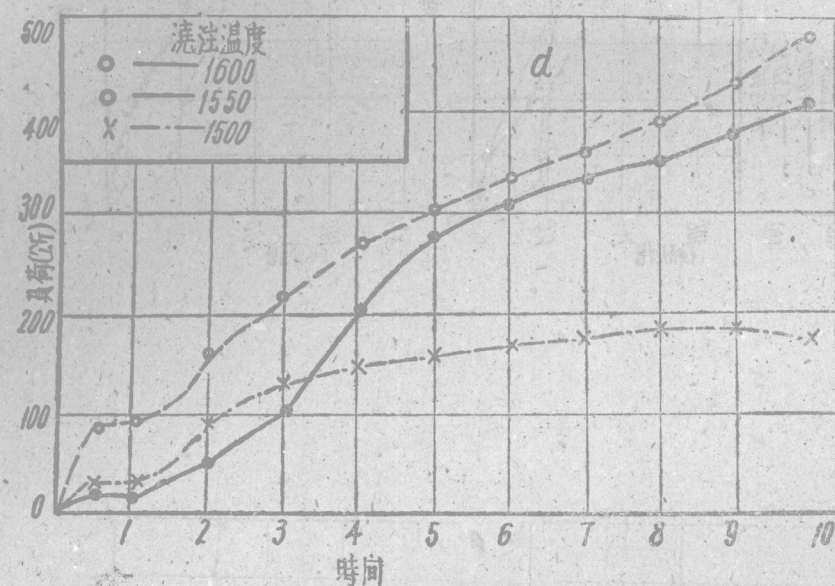


圖13 用鮮料和利用回爐料煉就之鋼ЛЖ-5Л(пл1440)在試驗熱裂穩定性時的負荷增長圖

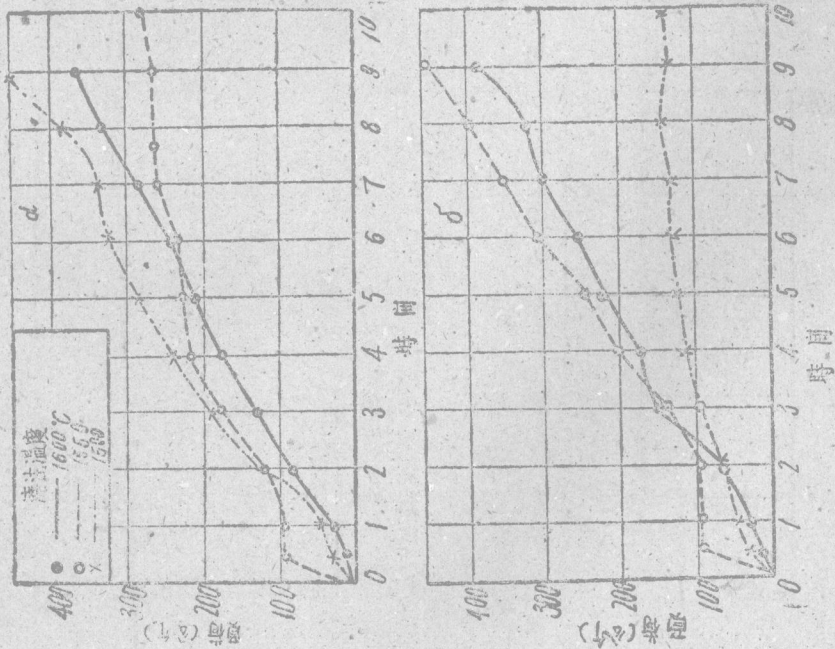


圖14 用鮮料和利用回爐料煉就之鋼ЛХ-5Л (1455) 在試驗熱穩定性時的負荷增長圖

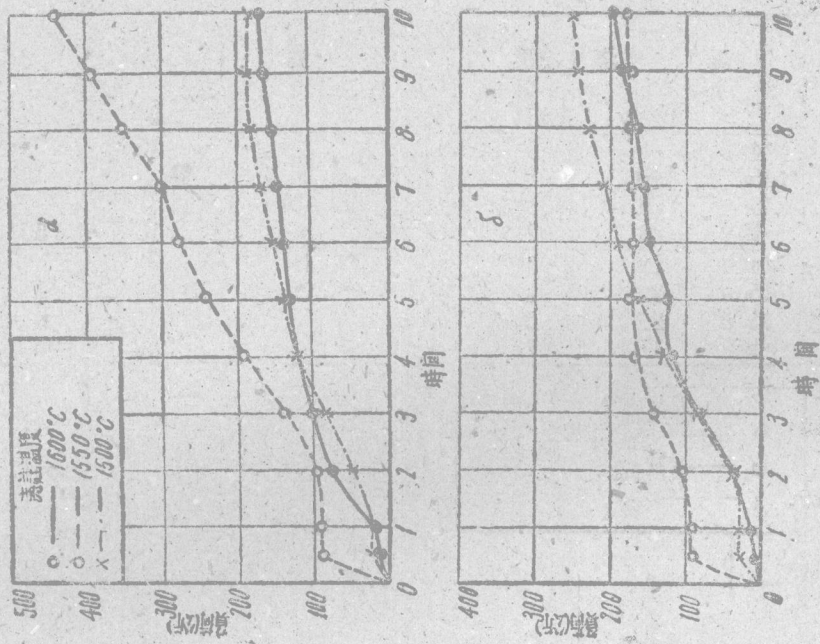


圖15 用鮮料和利用回爐料煉就之鋼ЛХ-5Л (ПЛ 1450) 在試驗熱穩定性試驗時的負荷增長圖

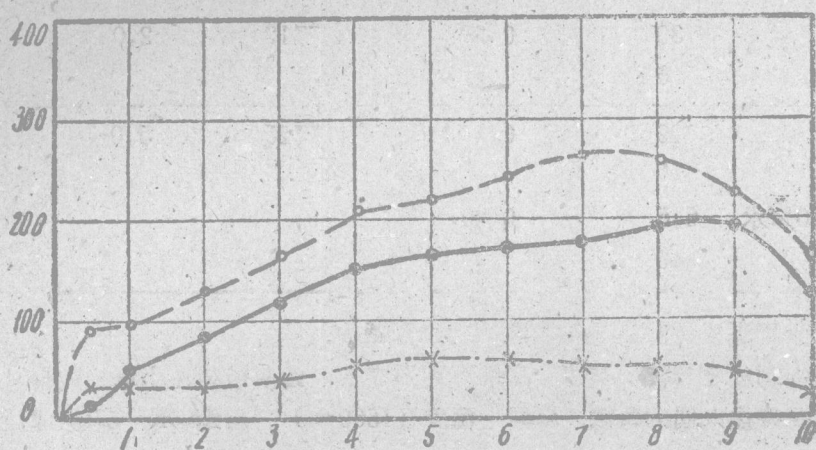
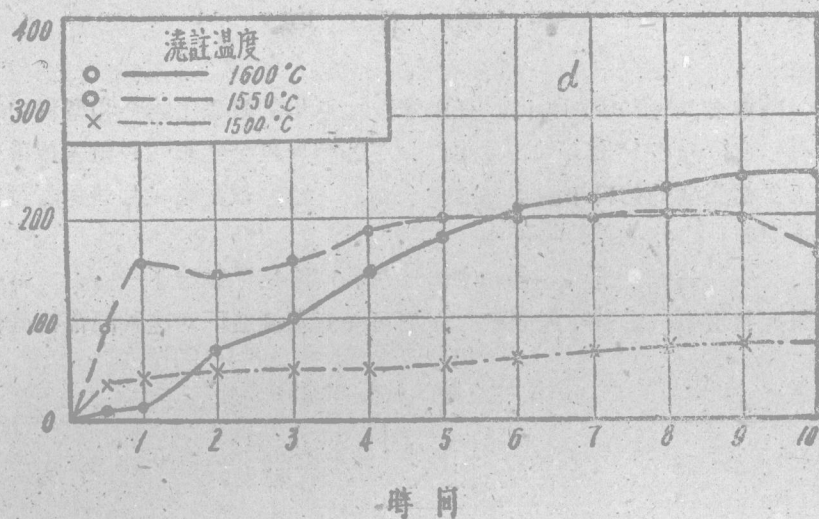


圖16 用鮮材料和利用回爐料煉就之鋼35Л的熱裂穩定性試驗時負荷增長圖

形成薄膜的趋向

鋼ЛЖ-5与一切高铬合金一样，都有形成薄膜的趋向。浇注時鋼的外露表面会形成铬、鉄、錳等氧化层。提高鋼的液位時，氧化层将紧繞型砂和坭芯的内壁，使硬化鑄件壁的連續性遭到破坏和曲折。此外，氧化层还会促使形成化学粘砂。

研究工作表明，高溫浇注是减少氧化薄膜的有效方法之一。确定感应电爐坩鍋中冷槽的溫度为1660°C进行研究時，又形成紧密的氧化层。在这些条件下，鋼35Л和鋼ЛЖ-1只在1560°C時会形成氧化膜。这就表明鋼ЛЖ-5Л形成薄膜的傾向是特殊的。在編制用这种鋼制之零件的鑄造工艺時，应提高浇注速度（9）或在型砂和坭芯的内表面塗以煤焦油。

型 砂 選 擇

大家都知道、鉻鋼有出現粘砂的傾向。在鋼表面上產生的鉻氧化物會和型料中的氧化矽緊固接合。要消除這種接合物是相當困難的，且生產的工藝周期也會延長。目前採用蓄熱系數高的且導熱、熱容和容重都相當高的材料來減少粘砂。具有上述性並在數量上足能保證製造高鉻鋼鑄件的這些材料中可選用鉻鎂，鉻鐵礦及鎂礦。

為了這個目的，中央機械製造與工藝科學研究院利用鉻鎂礦製造了一些主導材料（11）。在進行這次研究時期內、重型機械製造部凡尼可夫斯基製造廠對這種混合物進行了試驗。

表5 試驗用型砂的性能和成分

序 號	成 分	數量重量小時	濕 狀 壓 縮 公 斤 / 公 尺	干 燥 狀 拉 伸 公 斤 / 公 尺	溫 度 %	附 註
1	石 英 砂	70				車間型砂
	廢 砂	30	0,20	≥12	2,0	
	液體玻璃	6	0,35			
2	鉻 鎂 粉	100,0	0,18	≥25	5,0	根據中央機械 製造與工藝科 學研究院的推 薦
	液體玻璃					
	苛性鈉（10%水 溶液）	6,5 2,0	0,20			

用1335公斤金屬澆注了蒸汽導管之閘閥的二個閘體。

用這種混合物製成的鑄模，其成份和性能列於表5。鑄模用裝在小車上的爐子烘乾。

這二個鑄模是按熱電偶的負載，以同一溫度（1560°C），用鋼ЦХ—5Л澆成。

在這種鑄模中澆出來的壳体粘砂相當多。特別是鑄模內和內角處更多。粘砂非常堅硬，須用風鎬來回鎬2分鐘才能鎬去。

如鑄模內鑲有以鉻鎂礦為主的型砂，在澆注時只是內澆口和法蘭角處的粘砂較多。

這種粘砂很易用風鎬除去。

因此，鋼ЦХ—5Л鑄造用的鑄模可以用中央機械製造與工藝科學研究院所編制的以鉻鎂礦為主的型砂來製造（11）。

結 論

對鋼ЦХ—5的鑄造性能進行研究後可以得出下列結論：

1. 在1500—1600°C工作溫度的範圍內，鋼的液態流動性為螺旋塞長度的205—375mm，在鑄造生產中是可行的。

2. 澆注溫度為1550°C時，鋼的自由綫性收縮為2.3%。

3. 澆注溫度為1550°C時，鋼的熱裂穩定性為92公斤，比鋼35Л的熱裂穩定性稍低。

4. 在感应电爐中坩堝中冷却時，其外露表面的氧化层，在 1660°C 時最坚硬，即比鋼 35Л 高 100°C 。
5. 鑄模之最适合的成份是：鉻鎂粉100,0；液体玻璃6.5，苛性鈉（10%的水溶液）2.0等。
6. 用鑲鉻鎂粉并塗过脫水煤焦油的鑄模浇注時，建議用 $1540-1560^{\circ}\text{C}$ 的浇注溫度，用35—40mm/分鐘的速度。
7. 中央机械制造与工艺科学研究院在减少表面氧化层的研究中，鋼 ЛХ-5 乃是一种工艺上良好的鑄造材料。