

石英长石砂抗夹砂性能研究

机械系 罗克济

提 要

本文介绍了具有精确度高、稳定性好,制造与安装方便的差动变压器式电感动态测微仪作为研究型砂在高温下的线性热膨胀和热变形的测试手段;还介绍了用液压万能强度试验机研究型砂高温抗压强度和热变形的简单装置。

文中阐明了用上述仪器研究石英长石砂的热膨胀和热变形特性;不同紧实度、不同煤粉和木屑加入量对其热膨胀和热变形的影响。并通过一系列试验曲线的对比,分析了石英长石砂对减少铸件夹砂倾向的有利条件。从而为充分开发和利用河南省资源丰富的石英长石砂提供了进一步的理论依据。

最后还介绍了几年来部分工厂使用石英长石砂生产出各种类型优质铸铁件的情况。

前 言

河南省盛产的石英长石砂是由黄河夹带的大量泥砂经河水冲刷、沉积、风选而成的天然铸造用砂。因呈黄褐色习惯上又称黄砂。据资料〔1〕介绍:从公元1286年到1946年的12次黄河大改道中,有六次是发生在原武(现郑州花园口北岸)、开封、蒙泽(今郑州与蒙阳之间)一带决口。决口时河床上部的细颗粒泥砂大都被洪水冲走,在扶沟、太康、周口一带淤积成广阔的黄泛区平原;而在河床下部的较粗颗粒的砂子则大部份积存于决口附近。每年冬天又被西北风扬起,泥尘和灰份被刮走,较粗的砂粒就逐渐沉积下来,在西起郑州、新郑、中牟东到开封、兰考、民权一带形成一片自西北向东南,粒度由30/50, 70/40、50/100逐渐到70/140、100/200的风积砂区。

这些砂子含泥量少,化学成分稳定,粒度分布均匀,颗粒圆滑是接近于圆形的多角形砂(见图1、图2),适合于机械化造型和造芯。砂区表面无复盖层,极易开采,且大都离陇海线和京广线铁路两侧不到20公里,交通运输方便,是很理想的天然采砂场。据河南省机铸局铸造原材料调查组估计:适用于作铸造用砂的总储量不少于十亿吨〔2〕。目前已在铸造生产中广泛应用的几种有代表性的黄砂理化性能见表1和表2。

- * 在本课题的研究中,在电感动测技术的应用方面,我院铸工教研室汪金龙同志给予了大力协助;王秀梅同志参加了一部份试验工作。
- ** 本文经全国铸造学会常务理事扩大会议评选决定,曾于1990年五月在江苏省无锡县召开的第四届全国铸造学术年会上宣读交流。

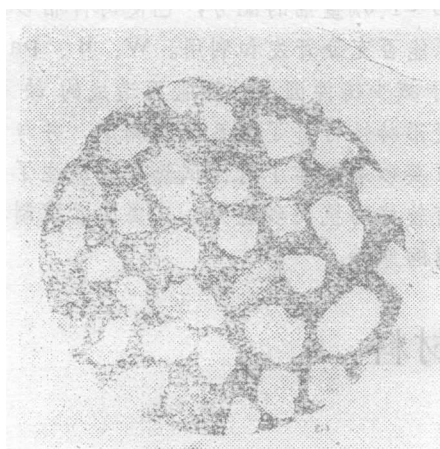


图1 郑地黄砂, 2SC70/140, 放大: ×25

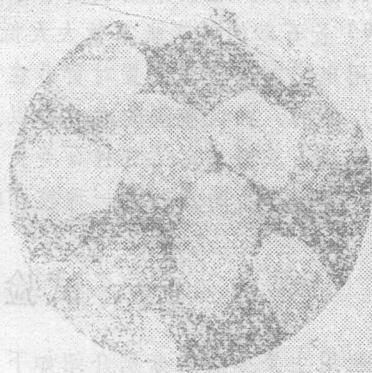


图2 郑州花沟王砂2SC50/100, 放大: ×40

几种黄砂的主要化学成分及耐火性能

表1

项 目 砂 名	主 要 化 学 成 份 (%)						耐火度	烧 结 点
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	(℃)	(℃)
中牟郑庵砂	30.80	8.93	0.66	0.55	0.26	5.75	1470	1200
新郑孟庄砂	31.67	3.31	1.72	1.29	0.11	5.40	1430	1200
郑州花沟王砂	32.27	9.14	0.40	0.65	0.06	5.24	1570	1200

几种黄砂的粒度组成和含泥量

表2

项 目 砂 名	各 筛 上 的 残 留 量 (%)									含泥量 (%)	粒 度 分 级
	30	40	50	70	100	140	200	270	底 盘		
中牟郑庵砂	—	0.62	12.40	41.30	18.68	17.50	4.74	2.64	1.10	1.02	2SC70/140
新郑孟庄砂	—	23.14	28.40	37.22	6.50	3.70	0.50	0.18	0.20	1.30	2SC70/40
郑州花沟王砂	—	6.76	23.18	55.32	7.32	3.20	0.23	0.20	0.24	0.52	2SC50/100

从表中可以看出, 黄砂的SiO₂含量只有80%左右。用化学成分换算矿物组成的方法〔3〕计算或根据中国科学院地质研究所的资料〔4〕均表明砂中各种长石的总量约占30.6~33.43%, 属于一种低品位的铸造用砂。尽管十几年来它已在机床〔5〕, 纺织机械〔6〕, 拖拉机〔7〕和汽车制造〔8〕等行业广泛应用, 并取得了较好的结果。但是由于对该砂缺乏较系统的高温性能试验, 因此在生产中常常由于膨润土质量较差、旧砂中粉尘含量过高或型砂配制工艺不合理而出现粘砂、夹砂等缺陷时, 就首先怀疑是砂子品位低造成的。有些厂甚至又准备到几千里外去找SiO₂大于92%的高品位砂来代替目前所使用的黄砂。

黄砂——一种低品位的石英长石砂, 它的高温铸造性能如何? 特别是它的高温抗夹砂能

力的好坏(近年来各厂采用加入5~6%的煤粉和0.5~1.0%重油的配方,已使铸件粘砂问题基本获得解决),已关系到我国中原地区丰富的砂源能否充分开发和利用。W、B、Parkes认为〔9〕长石砂的热膨胀系数大大低于石英,有利于减少铸件因型砂膨胀而造成的缺陷。笔者采用电感测微仪等装置对黄砂在高温下膨胀和变形特性进行了较系统的测定。并与国内应用较广泛的、品位较高的大林砂以及湖南坪塘的石英砂岩砂作了对比试验,还浇注了一部分夹砂试块。从而肯定了这种石英长石砂在高温下有较好的抗夹砂能力。只要型砂配制和管理得当,资源丰富的黄砂是一种较好的生产铸铁件用的原砂。

一、试验用主要原材料

试验用主要原材料分别介绍如下

(1) 原砂:

黄砂采用郑州北郊祭城公社花沟王大队所产的原砂。为了比较不同类型原砂的线膨胀率,还选择了吉林省通榆县的大林标准砂、湖南长沙县坪塘镇石英砂岩砂和河南省确山县的人造石英砂作对比试验。它们的主要化学成分及颗粒组成见表3和表4。

试验用原砂的主要化学成分及耐火性

表 3

项 目 砂 名	主 要 化 学 成 分 (%)						灼减量 (%)	烧 结 点 (℃)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O		
郑州花沟王砂	82.27	9.14	0.40	0.65	0.06	5.24	1.51	1200
吉林省大林砂	91.90	5.10	0.45	0.15	0.10	1.95	0.17	1350
湖南省坪塘砂	98.87	0.46	0.29	微	微	0.11	0.18	1500
确山县人造石英砂	99.46	0.09	0.18	0.20	0.05	微	0.24	>1550

试验用原砂的颗粒组成及含泥量

表 4

项 目 砂 名	各 筛 上 的 残 留 量 (%)									含 泥 量 (%)	粒 度 分 级
	28	45	55	75	100	150	200	260	底盘		
郑州花沟王砂	微	8.0	21.6	48.0	13.2	7.8	0.8	0.4	0.2	0.94	2SC55/100
吉林省大林砂	0.6	13.6	22.0	44.8	11.4	6.6	微	微	微	0.60	4S75/45
湖南省坪塘砂	微	1.2	4.0	35.0	26.8	24.4	5.6	1.6	0.6	1.60	1S75/150
确山县人造石英砂	0.6	9.8	39.0	45.2	3.8	1.6	微	—	—	—	1S75/45

郑州黄砂的颗粒形状为园滑的多角形,呈浅黄色,褐色和黑色夹杂物约占10%;大林砂是我院实验室选购的粘结剂用标准砂,呈乳白色,表面光洁无夹杂物,颗粒形状为园形;湖

南坪塘砂是石英砂岩经人工破碎、水洗分级复原而成的半人造砂，呈淡红色，表面光洁，颗粒为带棱边的多角形砂；确山人造石英砂是湿法破碎的水洗砂，呈乳白色，是犬牙状的尖角形砂。原砂配制前均在100~110℃烘干一小时，除去自由水份。

(2) 膨润土

型砂试样用的粘结剂，全部采用河南信阳五里店膨润土，其理化性能见表5和表6。

信阳膨润土的主要化学成分和耐火性能

表5

主 要 化 学 成 分 (%)						灼减量	耐火度
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	(%)	(℃)
64.86	12.61	1.27	2.02	2.99	0.60	12.56	1300

信阳膨润土的主要物理性能

表6

矿物特性		胶 质 价		主 要 工 艺 性 能		
吸兰量	PH值	氧化镁法	碳酸钠法	湿压强度 (公斤/厘米 ²)	干压强度 (公斤/厘米 ²)	透气性
36.6	7.06	71	100	0.77	3.80	198

(3) 煤粉

试验用煤粉是由郑州市任寨石粉加工厂为我院机械厂铸造车间加工，原料来自河南省义马煤矿。其主要成分为：灰份23.36%，挥发份是27.03%，硫1.02%，使用前先在100~110℃烘干一小时，并通过100#筛，去除夹杂物。

(4) 锯木屑

试验用锯木屑先在100±10℃烘干一小时，去除水份后过12#筛，清除刨花等夹杂物。

二、试验方法及仪器装置

在试验过程中除了型砂试样的湿态性能仍采用传统的Φ50×50毫米，用三锤紧实的标准圆柱形试样进行测定外，我们还用以下试验方法和装置测定了黄砂及其它几种原砂，在不同温度下的线膨胀率、最大热压变形量和最大热压强度，以及其它高温性能。

(1) 型砂试样的选择和紧实装置

测定高温性能的型砂试样，M.M.Добротворский等推荐[10]：直径为Φ25~30毫米，高为50毫米的试样；而S.V.Sambasivam等在测定型砂高温下的膨胀和变形特性时，选用了瑞士G.F.公司的PHT型高温万能强度试验机，其试样尺寸为Φ11×20毫米[11]。考虑到试样直径较大加热慢，热透性差；而直径太小则湿态强度较脆弱，试样制取较困难。为此我们选用了Φ20×50毫米的试样尺寸。

为了考察型砂不同紧实度对线性热膨胀的影响,我们选择了: $\delta=1.52$ 克/厘米³,湿态硬度70左右; $\delta=1.65$ 克/厘米³,硬度82左右; $\delta=1.78$ 克/厘米³,硬度92左右; $\delta=1.91$ 克/厘米³,硬度大于100的四种试样。为了保证具有上述紧实度,我们制作了如图3的试样筒。紧砂时先按紧实度要求算出砂样的重量(精确到 ± 0.1 克)倒入试样筒后将压杆放入筒内,然后连同底盖一起放在3吨手摇油压机上压实。压杆下落砂样即被紧实,当压杆突台与试样筒上端面紧密接触时,即可获得所需的试样紧实度。最后用顶杆塞在油压机上将试样顶出。可按下式确定不同紧实度时所需的砂样重量:

$$W = \delta v \text{ (克)}$$

式中: W ——不同紧实度所需的砂样重量(克);

δ ——型砂试样所要求的紧实度(克/厘米³);

v ——型砂试样的体积(厘米³)。

(2) 型砂在不同温度下线膨胀值的测定装置

可用来测定型砂在不同温度下线膨胀值的装置很多,如带自动记录的热膨胀测定仪[12],光学膨胀计[13],型砂膨胀试验仪[14]和由位移传感器组成的热膨胀动态测定仪[11]等。根据我院现有条件,我们装置了由高温管式电炉,差动变压器,电感测微仪和双笔自动平衡记录仪组成的线膨胀动态测定仪,其外形见图4。仪器构成示意图如图5。有关差动变压器的绕制及测试的电气原理图详见资料[15][16]。管式高温炉是以碳硅

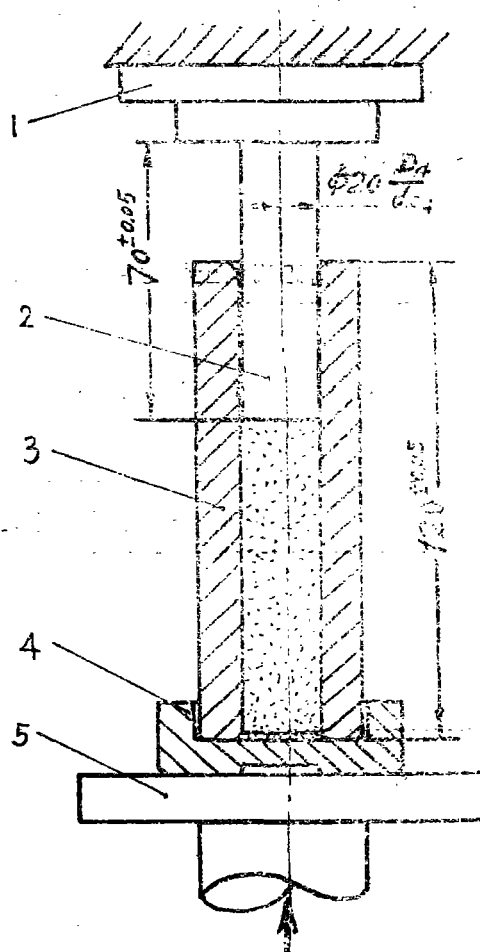


图3 制作型砂试样的工作示意图

1. 油压机上支架. 2. 带突台的压杆柱塞棒.
3. 试样筒. 4. 底盖. 5. 油压机活塞.

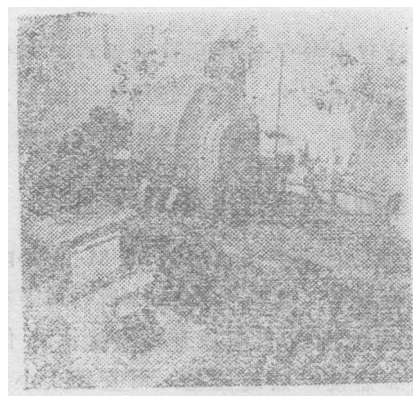


图4 线膨胀动态测定仪外形

棒为热源，最高工作温度可达1300℃，炉内试样的支承是电极石墨加工而成，端部埋入Φ8的

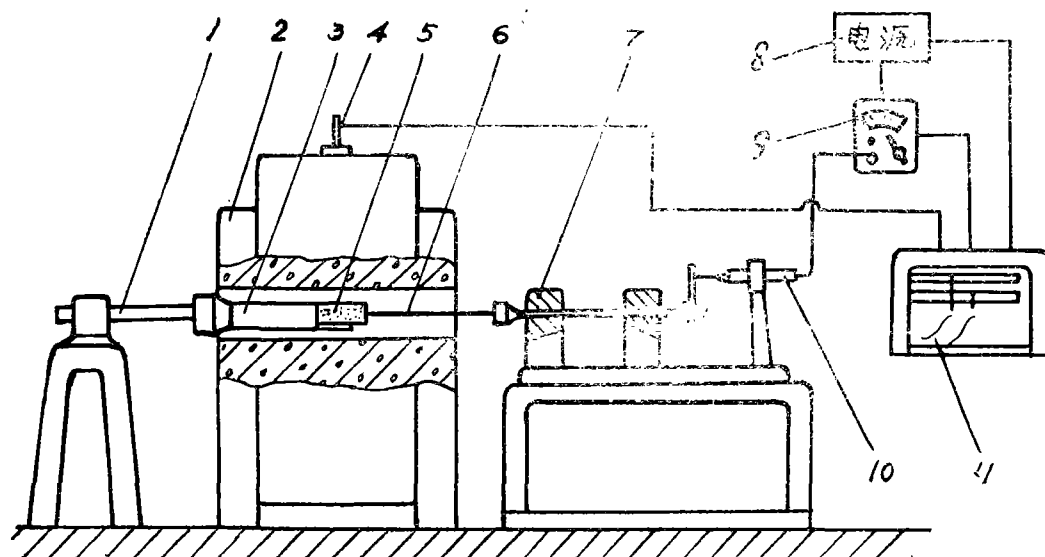


图5. 差动变压器式线膨胀动态测定仪构成示意图

1. 可拆卸金属支杆, 2. 管式高温炉, 3. 电极石墨棒砂样支架, 4. 热电偶,
5. 被测砂样, 6. $\Phi 8\text{mm}$ 石英玻璃管测杆, 7. 膨胀仪支架, 8. 稳压电源,
9. DGS-28/A 小型电志比较仪, 10. 差动变压器, 11. XWX2042 记录仪

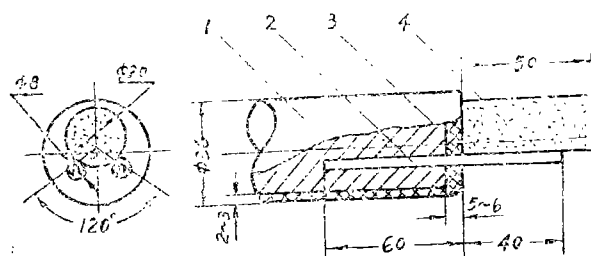


图6 石墨支承杆端部构造简图

1. 石墨棒, 2. 15CrMo 钢管托架,
3. 石英玻璃管, 4. 被测砂样.

15CrMo 锅炉钢板卷成的圆管作为砂样的直接托架。为了防止高温下电极石墨被氧化，其表面敷于一定厚度的防氧化涂料（如图6）。它是由6:4:6=结晶氧化铝:赤泥:水玻璃所配成，涂敷好后，先在室温下凉干24小时，然后在250~300℃低温烘干2小时，完全驱除水份后，以8~10℃/分的升温速度加热到1100℃保温一小时，停电随炉冷却到室温后即可使用。虽然电极石墨和石英玻璃测杆的热膨胀系数都很小，但是由于石墨棒和石英玻璃测杆的总长度将近为被测砂样的10倍，故测试系统的空载膨胀值是不可忽视的，必须将空载标定的

膨胀值减掉才能得到砂样的真正膨胀值。

为了保证试样被加热温度与热偶电指示温度尽可能一致,试样应固定在管式炉中心位置,升温速度由自偶调压变压器控制,一般保持在 $10\sim 12^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。为了更换试样时便于操作,试样的加热温度是用铂铑—铂热电偶在管式炉的石英套管外测量的。为了考察石英套管外的测点与试样测试中心温度的误差,我们将二级标准铂铑—铂热电偶穿过石英玻璃测杆(是 $\Phi 8$ 的空心管)中心直接与测试砂样中心相接触,获得温度校正曲线如图7。从该曲线可以看出:从管式炉石英套管外测点所得的记录温度与被测试样中心的温度相比,在 600°C 以下时约偏低 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$,在 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间约偏低 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

由差动变压器、小型电感比较仪和双笔自动平衡记录仪所组成的测试系统,曾经用螺线千分尺进行标定。当位移量为 ± 2.5 毫米时,测距可保持在良好的线性范围内。双笔自动平衡记录仪位移标尺刻度线间隔为 12.5 微米。试验时温度及膨胀的位移量可同时连续记出。每种试样至少测三次,取与算术平均值误差不超过 10% 的三个。

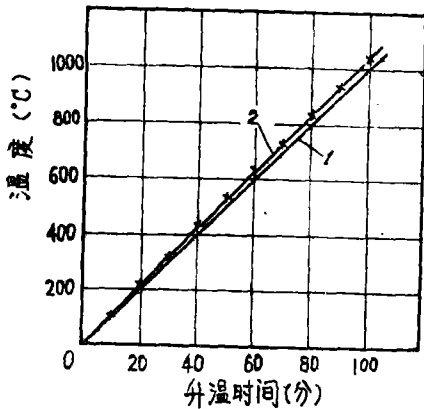


图7 热电偶位置的温度校正曲线

1. 管式炉石英套管外热电偶温度, 2. 试样测试中心温度。

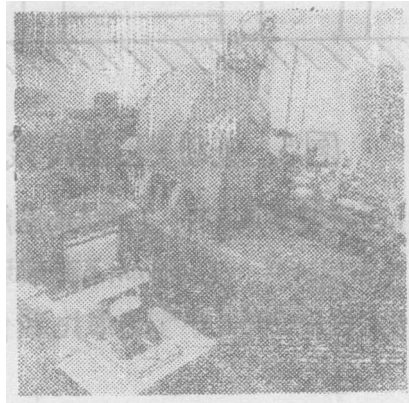


图8 热压强度和热变形测定仪外形

(3) 型砂最大热变形和最大热压强度的测定装置

铸件的夹砂缺陷除了受型砂热膨胀特性的影响外,型砂在高温下的最大允许变形量和最大热压强度也有着密切的关系。为了摸清黄砂的高温性能,故对其在不同的温度下的变形特性及热压强度进行了测定。所用仪器装置的外形和工作原理简图分别如图8和图9。

从图中可以看出:除了装置右边的膨胀仪支架被液压万能强度试验机所代替外,其余均与前面相同。由于电感头的固定支架未及时加工出来,故最大变形量的测定暂用百分表代替,百分表最大量程为 5 毫米,表盘最小刻度值为 0.01 毫米。

型砂最大热变形和最大热压强度的测定是将按照所需成分和紧实度要求而压制好的试样在 $200\pm 10^{\circ}\text{C}$ 下烘干一小时,然后保存在烘干箱内以防反潮。试验时先将管式高温炉预先加热到所需的温度,然后将被测砂样迅速装入炉子中心。试样在预定的温度下达到所确定的保温时间后,迅速转动液压万能强度试验机的手轮,使硅碳棒压头(压头端部同样采用由结晶氧化铝、赤泥和水玻璃配成的衬料,与涂敷电极石墨棒支杆的方法相同,并塑制成所需尺

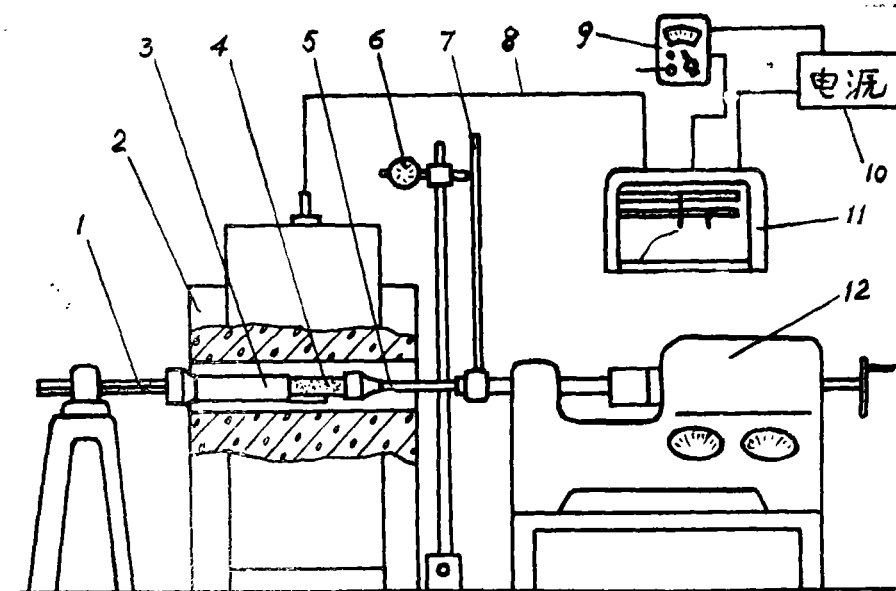


图9 型砂热变形及热强度测定仪工作示意图。

1. 可拆卸金属支杆. 2. 管式高温炉. 3. 电极石墨棒. 4. 被测砂样.
5. 硅碳棒压头. 6. 百分表. 7. 压头随动杆. 8. 热电偶引线.
9. 小型电磁比较仪. 10. 稳压电源. 11. 双笔记录仪. 12. 液压万能强度试验机。

寸)与砂样紧密接触,使百分表和万能强度试验机的表针均指在零位后,即缓慢转动手轮,使砂样在被测温度下徐徐加压直到试样破坏或迅速软化时(即试样虽未破碎,但强度试验机在不加压情况下指针发生连续倒退的现象),百分表和万能强度试验机上的指针读数即表示型砂试样在该温度下的最大允许变形量和最大热加强度(因试样直径已由50毫米减小到20毫米,故表中读出的强度值应乘以6.25倍)。

关于试样加载前的加热时间,对于直径为25~30毫米,高为50毫米的试样,有些资料介绍,在被测试温度下加热12~20分钟,试样就可以完全烧透〔14〕〔17〕,对于 $\phi 11 \times 20$ 毫米小

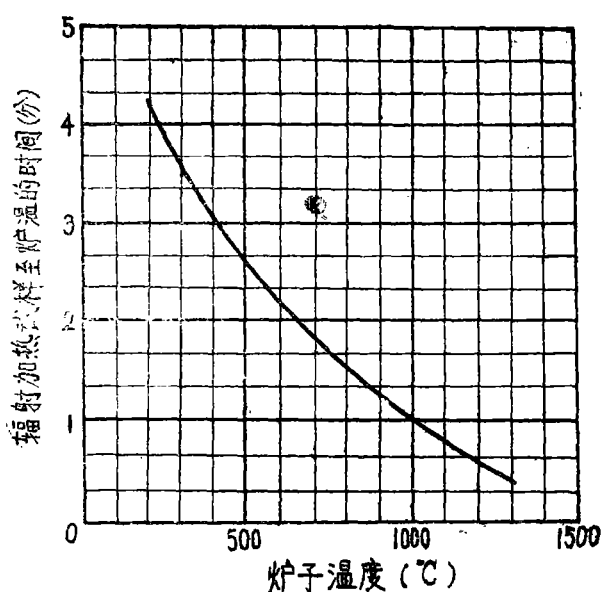


图10 测定型砂热强度时试样所需加热时间

型试样的加热时间F. Hofman认为(18): 试样在炉内主要是通过辐射传热的方式而被迅速加热的, 加热时间取决于试验的最终温度。并推荐由图10来确定试样在加载前所需的加热时间。因为辐射热传导的热量是与两物体(即炉膛与试样)的温度的四次方差成正比的, 故试样加热的最终温度越高, 所需时间就越短。当试样的材质和在炉内的加热条件完全相同时, 根据辐射传热的计算: $\Phi 20 \times 50$ 毫米砂样所需的热透时间大约等于 $\Phi 11 \times 20$ 毫米砂样的1.85倍。因此, 在本试验中我们即按照图10所推荐的数值增加一倍来确定试样在加载前, 在炉内所需的加热时间。从破坏后的冷却的试样断面观察, 其中心和外表的颜色基本上是一致的, 由此可以表明按此时间加热, 试样是完全可以热透的。

(4) 砂型硬度计:

试验用的砂型湿型硬度计, 是采用辽宁省辽阳市文圣仪表厂生产的“A”型湿型硬度计, 其钢球的最大压入量为3毫米, 表盘刻度值为0~100度。指针在50度时压力约163克, 指针在100度时压力为237克, 所测出的硬度值大体相当于英国的“B”型硬度计。

三、试验结果及分析

1、各种砂样膨胀特性的研究

为了比较黄砂与另外几种高品位砂在不同温度下的膨胀特性, 以及不同紧实度、不同煤粉和木屑加入量对线膨胀率的影响, 我们进行了下列试验:

(1) 几种不同原砂线膨胀率的比较

为了观察黄砂中长石含量对线膨胀率的影响, 我们选择了吉林省的大林砂、河南确山县人造石英砂、湖南坪塘砂与郑州黄砂作对比试验。试样的配比及湿态性能见表7。图11是它们在不同温度下的线膨胀率曲线的比较。

不同原砂试样的湿态性能

表 7

砂 样 名 称	砂样配方(重量比)			试 样 的 湿 态 性 能				备 注
	原砂 %	膨润土 (%)	外加水 (%)	紧实率 (%)	湿压强度 公斤/厘米 ²	紧实度 克/厘米 ³	试样硬度 “A”型	
郑州花沟王砂	100	5	3	54	0.60	1.65	82	
大林标准砂	100	5	3	55	0.49	1.65	83	
湖南坪塘砂	100	5	3	55	0.44	1.65	88	
确山人造石英砂	100	5	3	56	0.33	1.65	—	硬度未测

从图中可以看出: 人造石英砂具有最大的线膨胀率, 郑州黄砂最小。大林砂虽然其SiO₂

含量低于湖南坪塘石英砂岩砂，但是由于它几乎接近于圆形，在膨胀应力作用下颗粒间发生交错移动的可能性较小。所以它的线膨胀率接近或略高于 SiO_2 含量较高，但棱角比较明显而呈多角形的坪塘砂。从曲线的斜率来看，膨胀主要发生在 $400\sim 600\text{ }^\circ\text{C}$ 之间，超过 $700\text{ }^\circ\text{C}$ 以后膨胀率几乎保持不变。在 $573\text{ }^\circ\text{C}$ 时黄沙的膨胀率比人造石英砂低大约 17.1% 。

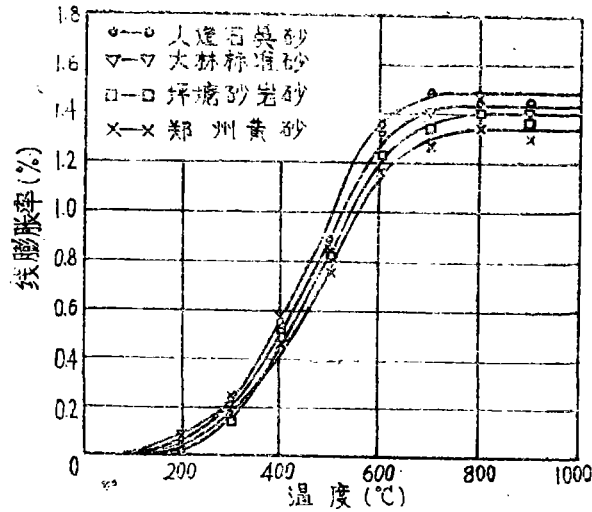


图11 几种不同原砂线膨胀率的比较。

(2) 不同紧实度对黄沙线膨胀率的影响。

图12表示了型砂不同紧实度对线膨胀率的影响。黄沙的配比及其湿态性能如同表7。考虑到目前国内是手工，低比压和高比压造型方法并存在的局面，所以我们选择了： $\delta=1.52$ 克/厘米³，硬度为70； $\delta=1.65$ 克/厘米³，硬度为82； $\delta=1.78$ 克/厘米³，硬度为92；以及 $\delta=1.91$ 克/厘米³，硬度为100四种紧实度作为测试对象。试样硬度是在手摇油压机紧实后用“A”型硬度计测定的。

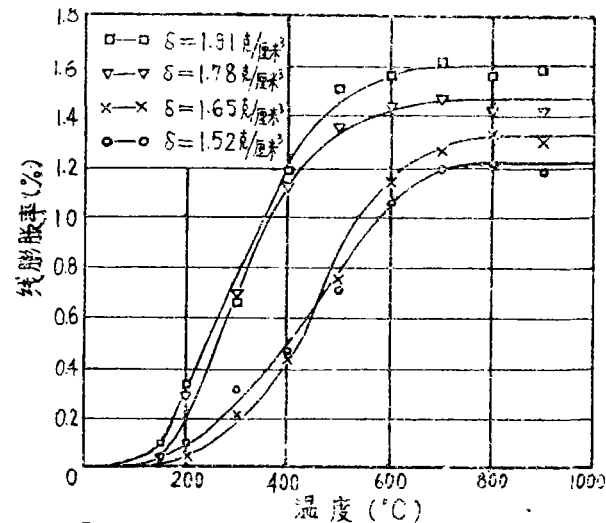


图12 不同紧实度对黄沙线膨胀率的影响

从图中可以看出：高紧实度的型砂（硬度 >100 ）与中等紧实度的型砂（硬度为80左右）相比，在500~600℃时线膨胀率将增加约45~80%。因此从减少夹砂倾向来说，高压造型时过份提高造型比压是不利的。

（3）煤粉和木屑加入量对黄砂线膨胀率的影响。

图13和图14是煤粉和木屑加入量对黄砂线膨胀率的影响曲线。型砂配方及其湿态性能见表8。

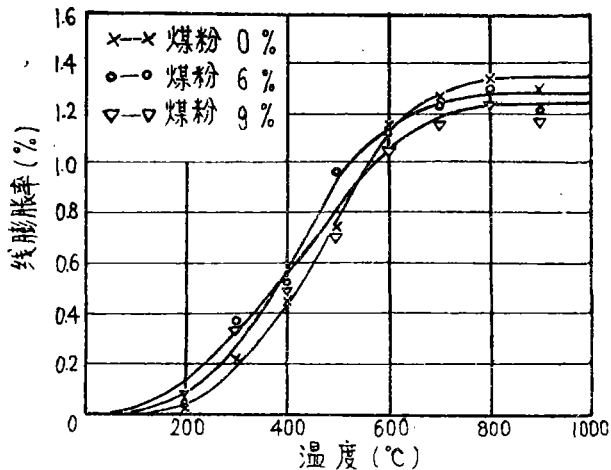


图13 煤粉加入量对黄砂线膨胀率的影响

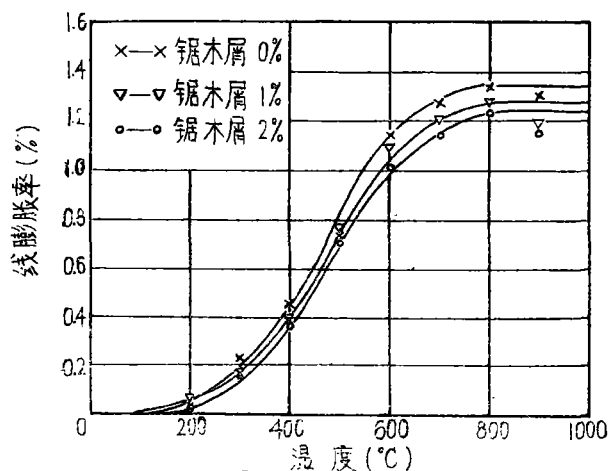


图14 木屑加入量对黄砂线膨胀率的影响

从图13，和14的曲线可以看出：煤粉和木屑可以减少型砂的总的线膨胀率，但是对石英长石砂来说效果却不太明显，线膨胀率只减少8~10%左右。特别是煤粉砂，由于河南义马煤灰份和燃点都比较高，所以在500℃以下砂样的线膨胀率，在不同程度上还有所增加。因此从防夹砂的角度考虑，煤粉质量的选择也具有重要意义（即挥发份要高，灰份要低）。

煤粉和木屑砂配方及其湿态性能

表 8

砂 样 名 称	型砂配方(重量%)					试 样 的 湿 态 性 能			
	郑 州 黄 砂	膨 润 土	煤 粉	锯 木 屑	外 加 水	紧 实 率 (%)	湿 压 强 度 (公斤/厘米 ²)	紧 实 度 (克/厘米 ³)	试 样 硬 度 (A型)
膨润土黄砂	100	5	—	—	3	54	0.60	1.65	82
1 # 煤粉砂	100	5	6	—	4.0	51	0.68	1.65	82
2 # 煤粉砂	100	5	9	—	4.5	44	0.88	1.65	84
1 # 木屑砂	100	5	—	1.0	3.0	45	1.02	1.65	90
2 # 木屑砂	100	5	—	2.0	3.5	47	0.86	1.65	93

2、各种砂样的最大热变形和热压强度

铸型浇注后,型腔表面在熔融金属的辐射热作用下,表层由于型砂的线膨胀而受到很大的膨胀应力。这时型砂所能承受最大热变形量和它的热压强度的大小,对铸件产生夹砂的倾向均有显著的影响。为此我们进行了下列试验。(砂样的配方及湿态性能同表7和8)。

(1) 几种不同原砂的热变形和热压强度比较

图15和图16是不同原砂在不同温度下的最大热变形和热压强度曲线。从图中可以看出:接近于园形颗粒的大林砂其最大允许变形量和热压强度都最小,较园滑的郑州黄砂次之,呈多角形但棱角比较明显的湖南坪塘砂最大。从两组曲线的对应关系中可以看出:型砂的最大允许变形量主要决定于它的热压强度。在900℃以前,热压强度随温度的升高而增大,在900℃左右达到最大值,超过此温度时长石及其它低熔点杂质开始软化、熔融和分解,游离的 Na_2O 和 K_2O 等杂质将与 SiO_2 生成熔融的硅酸盐(参看图26)而使热压强度剧烈下降。

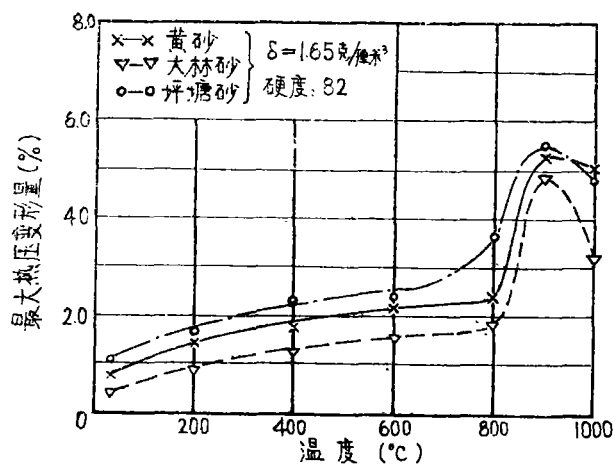


图15 不同原砂的最大热压变形量的比较

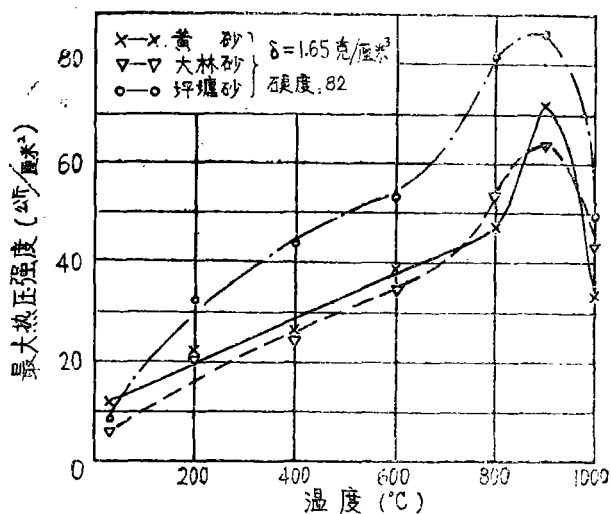


图16 不同原砂的最大热压强度的比较

(2) 不同紧实度的影响

图17和图18是试样的不同紧实度对黄砂最大允许热变形和热压强度的影响曲线。由于型砂的干态强度主要取决于构成粘土连结膜的粘土颗粒之间的联结的紧密程度，故随着型砂紧实度的增高，其热压强度和最大变形量也相应增大。当超过900℃时，则随着砂中低熔点的长石等杂质的软化、熔融而急速下降。试样在较小的外力作用下即发生软化变形，并具有塑性破坏的特征。

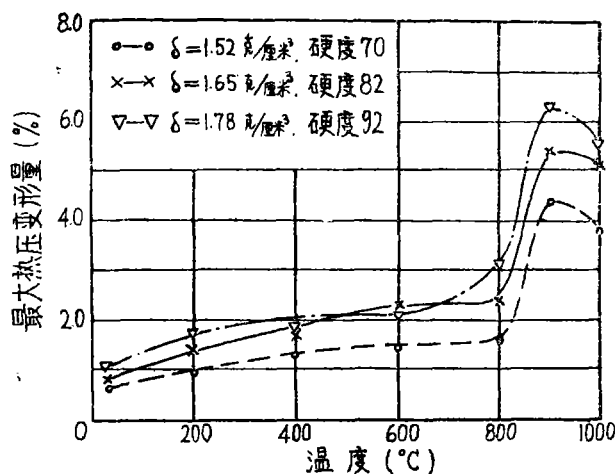


图17 不同紧实度对黄砂最大热压变形量的影响

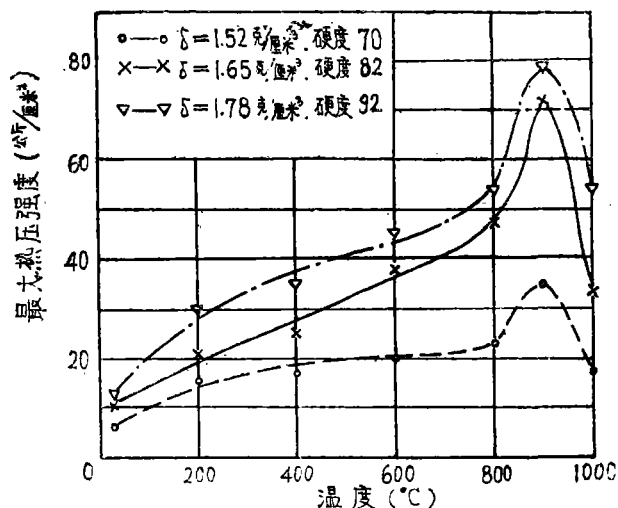


图18 不同紧实度对黄砂最大热压强度的影响

(3) 煤粉和木屑加入量的影响

图19和图20是表示不同煤粉加入量对黄砂最大热变形和热压强度的影响。图21和图22则表示不同木屑加入量对黄砂最大热变形和热压强度的影响。从图19和图21可以看出：锯木屑对于提高型砂的变形能力，效果是比较明显的，在500~600℃温度区间里加入1%~2%的木屑大约可使型砂的变形量增加0.5~0.8%。而煤粉却需要加入6~9%才能得到同样的结果，其每单位变形所需的加入量比木屑要多得多，特别是对于灰份含量较高的劣质煤粉来说加入量超过6%时，变形量增加极微。

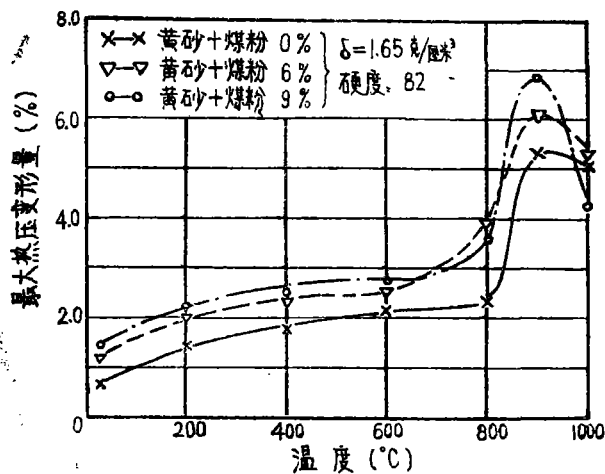


图19 不同煤粉加入量对黄砂最大热压变形量的影响

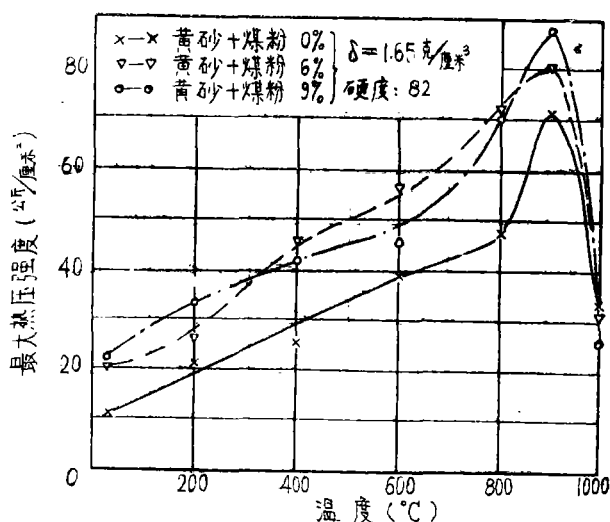


图20 不同煤粉加入量对黄砂最大热压强度的影响

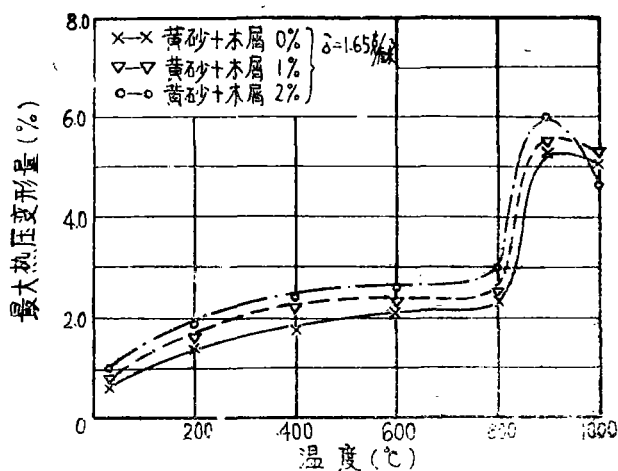


图21 不同木屑加入量对黄砂最大热压变形量的影响

从图20和图22来看，加入煤粉和木屑对型砂最大热压强度的影响是相反的。煤粉的加入可使型砂的热压强度提高13~24%，无疑它对减少已经因热膨胀而拱起的砂壳的破裂是有利的，即可以减少形成结疤缺陷的倾向。而加入1~2%的木屑却使型砂的热压强度降低30~42%，对于热湿拉强度较差的膨润土砂来说，这是极为不利的。因此如果用加入木屑作为防夹砂措施，则木屑的加入量必须加以严格控制。

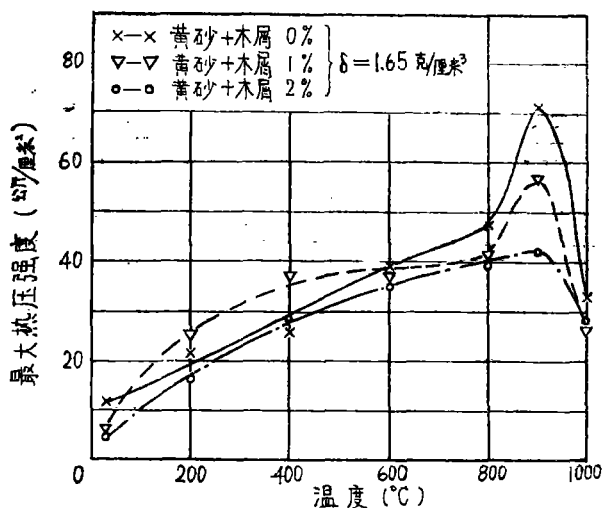


图22 不同木屑加入量对黄砂最大热压强度的影响

四、夹砂试块的浇注对比

浇注夹砂试块是D. Boenisch和W. Patterson (19) 提出用以观察夹砂时间和综合评定型砂抗夹砂能力的一种方法。为了对比不同线膨胀率的型砂形成夹砂缺陷的倾向，我们选择了线膨胀率较大，而热压变形量相对地较小的大林标准砂与郑州黄砂进行了浇注夹砂试块的对比试验。

1、试块尺寸：

根据S. V. Sambasivam的资料 [20]，用以浇注夹砂试块的尺寸如图23。除出气冒口一端的外浇杯去掉代之以 $\phi 30$ 的出气冒口外，其余均未改动。

2、试块的浇注方法：

较早的试块浇注方法是从一端浇入一半铁水后，从另一端的明冒口中观察上砂型在铁水辐射热的作用下发生开裂和剥落的时间长短来判断型砂抗夹砂能力的好坏。出现开裂的时间在40秒以上者为抗夹砂能力强。但此法往往因为试验操作者的经验和技巧不同，其结果可能有很大差别。资料 (19) 推荐的浇注程序为：第一阶段，先从浇口一端浇入金属液，大约15秒充满下半型，在冒口一端看到铁水上溢时浇注即停止；第二阶段：使铸型上表面受铁水辐射热静止烘烤12秒钟；第三阶段：改由冒口一端在5秒钟内将上半型迅速充满。待铸件冷却后，由其上下表面夹砂的严重程度来判断型砂的抗夹砂能力。此法受操作者的影响较小，但是浇注中间需要间断，而且需要变换浇注位置，试验操作仍感不便。

为了更便于试验操作，我们改为只从一端浇注，用改变浇注温度和浇注时间来考察砂型受热烘烤的程度和铸件发生夹砂缺陷的情况；也可以固定浇注温度和浇注时间来比较不同砂样的抗夹砂能力。

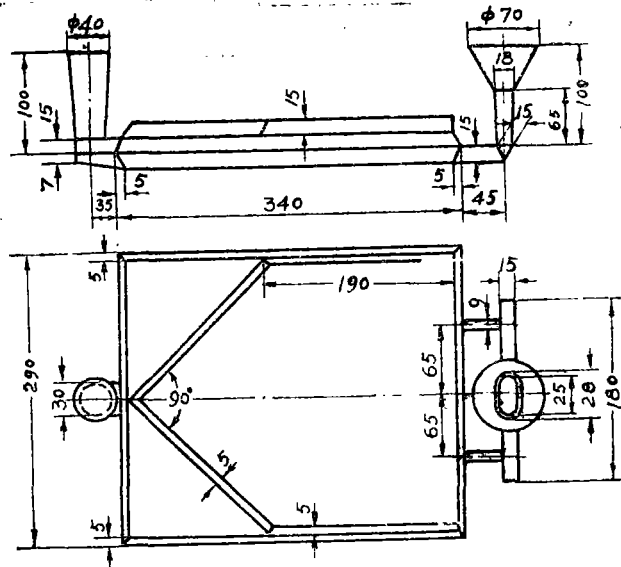


图23 带浇注系统的夹砂试块图

3、试块的浇注和结果分析：

试验用的面砂配方和湿态性能见表9，浇注是在实验室用国产Gp60—CR13型高频感应电炉熔化的HT20—40铁水，温度是浇注前用快速热电偶和电子电位差计在浇包内测定的，图24和图25是试块的浇注结果。

浇注夹砂试块用的型砂

表 9

砂样编号	型砂配方(重量%)					型砂湿态性能			
	黄砂	大粒砂	膨润土	煤粉	外加水	紧实率(%)	湿压强度 公斤/厘米 ²	紧实度 克/厘米 ³	试样硬度
SC—101	100	—	5	6	4.0	50	1.14	1.65	82~85
SC—103	100	—	5	6	3.5	46	1.15	1.65	82~85
SC—104	100	—	5	6	3.5	46	1.15	1.65	82~85
S—201	—	100	5	6	3.5	49	1.07	1.65	82~85
S—202	—	100	5	6	3.5	49	1.07	1.65	82~85

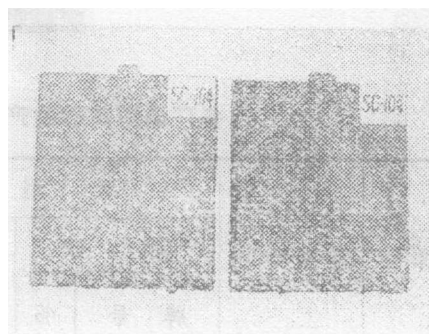
上型面

下型面

试块编号	S-201	S-202	SC-103	SC-101
砂型硬度	85~90	85~90	82~89	85~90
浇注温度(℃)	1370	1370	1370	1370
浇注时间(秒)	32.8	29.5(未充满)	33.2	30.4(未充满)

图24 夹砂试块对比

从夹砂试块可以看出：线膨胀率大的大林砂在1370℃浇注时，在32.8秒浇满，打箱后的铸件上表面已出现明显的开裂和结疤缺陷，而郑州黄砂，在相同的条件下浇注，铸件上表面只出现较轻微鼠尾状缺陷。图25是将浇注温度提高到1410℃，并减慢浇注速度，使浇满时间延长到45.3秒所得到的结果，即浇注时间延长了近50%左右，试块仍未出现明显的夹砂缺陷。



试块编号:	SC-104
砂型硬度:	82~85
浇注温度:	1410℃
浇注时间:	45.3秒

图25 夹砂试块

五、 结 论

从以上试验结果可以明显看出：对于长石含量约占1/3的黄河故道风积砂来说，具有以下减少铸件夹砂倾向的优点：

- 1、当加热到573℃时，它的线膨胀率比大林砂和人造石英砂低15~20%；
- 2、适当提高砂型紧实度，可以提高它的热压强度和最大热变形量。当煤粉加入量为6%，砂型硬度为82~90时，型砂加热到500~600℃时，它的最大热变形大于2%，即超过它的线膨胀率70~80%，（线膨胀率约为1.15~1.20%）；

3、当加热温度超过900℃时，因长石和低熔点的夹杂物开始在石英颗粒周围熔融，如图26所示。它是铸件冷却后从铸件表面剥落的烧结砂层。在白色砂粒周围的黑色网状物即低熔点的熔融物。这些熔融物的出现，使型砂表层迅速发生软化变形，它既可减少砂型表层在膨胀应力作用下的开裂倾向；也有利于堵塞型砂颗粒间的孔隙，从而减少了机械粘砂的倾向。

因此，我们认为：河南省资源丰富的石英长石砂是生产各种类型铸铁件的良好造型材料。根据紧实度为 $\delta=1.65\sim1.78$ 克/厘米³，硬度为82~92的试样的各项高温性能来看，它完全能够满足各种高效率的机械化高压造型用砂的性能要求。表10是几个有代表性的工厂使用黄砂生产各种类型铸铁件的工艺配方。图27、28、29、30、31、32，是用黄砂生产的各种不同类型铸铁件的实物照片。铸件表面质量良好，基本上消除了铸件表面粘砂和夹砂的缺陷。



图26 黄砂表面烧结砂层
砂层厚度：1~1.5 毫米
放大倍数：×25

各厂使用黄砂生产铸铁件的型砂配方 表10

使用单位	型砂类别	型 砂 配 比 (重量%)									型 砂 性 能		
		新 砂		回用砂	膨润土	煤粉	碳酸钠	重油	锯木屑	外加水	湿度 (%)	透气性	湿压强度 kg/cm ²
		牌 号	%										
开封汽车发动机厂	中大件湿型面砂	2SC 50/100	50	50	5	5~7	0.15 0.25	—	—	3.8 4.5	4~5	≥80	0.9~1.1
洛拖铸铁分厂	1 线湿型面砂	2SC 50/100	100	—	6	4~5	0.1 1.0	0.5 —	—	适量	5~6	≥50	0.9~1.0
郑州水工机械厂	中大件表面干型砂	2SC40/70	30 ~40	70 ~60	4~6	—	0.25 0.30	—	1.0 2.0	—	5~6	∇ 200	1.0 1.25
郑州纺织机械厂	薄壁墙板湿型单一砂	2SC 70/140	30	70	6	5	—	—	0.5	—	5~6	100 150	1.4~1.6
郑州铸造厂	中大件表面干型砂	2SC40/70	50	50	5	5~6	0.3	—	—	—	5.5 6.5	∇ 100	1.0~1.2

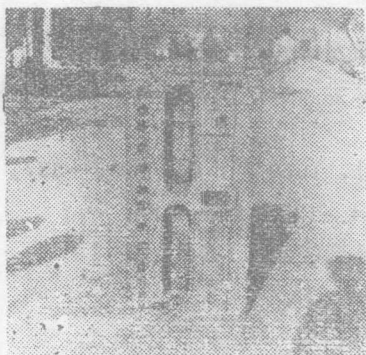


图27 解放牌汽车缸体铸件下表面

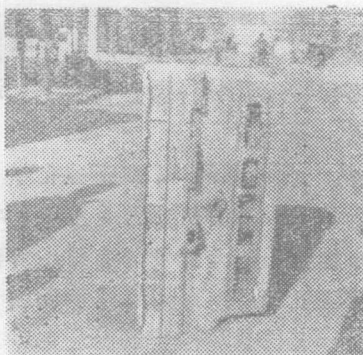


图28 解放牌汽车缸体铸件上表面

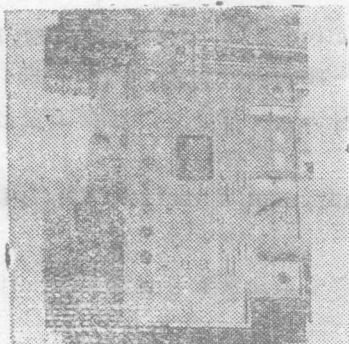


图29 梳棉机侧墙板

HT18-36, 毛重约400公斤

轮廓尺寸: 2835×1630×15毫米



图30 16米龙门刨床身底座

HT21-40, 毛重4800公斤

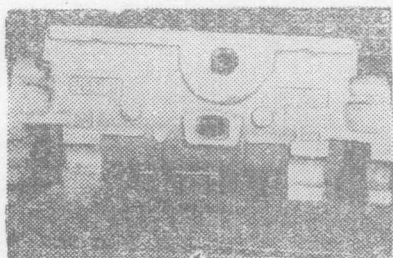


图31 东方红-75拖拉机后桥壳

HT21-40, 毛重288公斤



图32 闸门启闭机卷筒

HT21-40, 毛重约1800公斤

参 考 文 献

- 1、《人民黄河》：水电部黄河水利委员会编，水利电力出版社，1959、9。
- 2、《河南省铸造原材料调查报告》、河南省科技情报研究所、河南省机械局科技处，1977年8月，第5页
- 3、李永森、刘可栋译：《陶瓷器化学》，建工出版社，1959年1月，P285—287。
- 4、刘东生等著：《黄河中游黄土》科学出版社，1964、12、P186—195。
- 5、开封市机械厂：开封砂的应用，河南省工交双革展览资料、1965、10。
- 6、郑州纺织机械厂：郑州枣庄砂浇注试验小结，1965、7。
- 7、洛阳第一拖拉机厂：铸铁分厂配砂工艺规程，1972、2。
- 8、第二汽车制造厂铸造一分厂：高压造型用型砂试验小结，《铸造机械》1975年第5期。
- 9、W. B. Parkes, Clay—Bonded foundry Sand, London, 1971、P259—261。
- 10、M. M. Дюромворский等著：Справчик по приемке и испытанию формовочных, материалов и смесей. Машигиз, 1953。
- 11、S.V.Sambasivam H. Md. Roshan, AFS Transactions vol. 85, P259—264(1977)。
- 12、永井彰一郎：耐火物的化学及试验法，地质出版社、1956年、北京，P153—154。
- 13、华南工学院、硅酸盐工学教研组编：陶瓷与耐火材料工艺实验指导，冶金工业出版社、1960年9月、P115—118。
- 14、Molding Methods and Materials, American Foundrymen's Society, Des Plaines, IL (1962)、P317—326。
- 15、许天才：机械量测量仪表(八)第七章差动变压器，《工业仪表与自动化》、1978年、第二期、P85—104。
- 16、郑州工学院“铸工检测”课题组：电感式铸造线收缩测量仪。1979年8月。
- 17、叶荣茂：型砂高温机械性能的研究，铸造论文集(3)哈尔滨工业大学、1963年。第17—28页。
- 18、F.Hofmann: Giesserei, vol. 50 (1963)、P621—628。或型砂试验仪(说明书汇总)，上海机械制造工艺研究所1974年8月、P80—87。
- 19、D.Boenisch, W.Patterson, AFS Transactions, Vol. 74、(1966,) P417。
- 20、S.V.Sambasivam, H.Md Roshan, AFS Transactions, Vol. 85 P265—270。