

金 属 工 艺 学

第三分册 金属的鑄造生产及压力加工

(初 稿)

天津大学金属工艺学教研室編

人 民 教 育 出 版 社

89006-10

895

本书是天津市广播函授大学试用教材，供机械系使用，内容与第二分册衔接。全套书的内容包括：金属冶炼；金属学与热处理；金属铸造生产；金属压力加工；金属焊接与切割；金属切削与机床等。“金属冶炼”及“金属学与热处理”已出版。本书包括“金属铸造生产”及“金属压力加工”二篇，讲述造型材料；铸型及型芯的制造；模型及型芯盒的制造；合金的铸造性能；铸铁件的生产；铸钢件的生产；有色合金铸件的生产；特种铸造；铸件的落砂、清理及缺陷分析；铸造工艺设计和铸造计划；金属压力加工原理；压力加工前金属的加热；轧制；挤压；拉拔；自由锻造；模型锻造；板料冲压；金属压力加工时的安全技术。

本书不仅适用于广播函授，并可供业余大学及自学者参考。

金属工艺学第三分册金属 的铸造生产及压力加工(初稿)

天津大学金属工艺学教研室编

人民教育出版社出版 高等学校教材编辑部
北京宣武门内大街25号

(北京市书刊出版业营业许可出字第2号)

京华印书局印刷 新华书店发行

统一书号 15010·912 开本 850×1168 1/32 印张 11 8/16

字数 264,000 印数 0001—3800 定价 (7) 1.50

1960年5月第1版 1960年5月北京第1次印刷

目 录

第三篇 金属鑄造生产

引言.....	437
§ 1. 鑄造生产的基本概念.....	437
§ 2. 鑄造生产在国民經济中的地位和作用.....	438
§ 3. 鑄造生产发展概况.....	439
§ 4. 鑄造生产工艺过程.....	443
第一章 造型材料.....	445
§ 5. 型砂及芯砂性能要求.....	445
§ 6. 造型原材料及輔助材料.....	447
§ 7. 型砂及芯砂的配制.....	450
第二章 鑄型及型芯的制造.....	455
§ 8. 砂箱造型.....	456
§ 9. 刮板造型.....	462
§ 10. 地坑造型.....	463
§ 11. 組芯造型.....	465
§ 12. 泥型鑄造.....	467
§ 13. 机器造型.....	470
§ 14. 澆注系統.....	477
§ 15. 型芯的制造.....	481
§ 16. 鑄型及型芯的烘干.....	488
§ 17. 鑄型裝配.....	492
第三章 模型及型芯盒的制造.....	493
§ 18. 制造模型及芯盒的材料.....	494
§ 19. 模型及芯盒的设计.....	494
§ 20. 木模制造工艺.....	498
§ 21. 金属模型的制造.....	501
第四章 合金的鑄造性能.....	503

§22. 流动性.....	504
§23. 收缩性.....	506
§24. 偏析倾向.....	514
第五章 鑄鉄件的生产.....	515
§25. 鑄鉄的显微结构及其影响因素.....	516
§26. 灰口鑄鉄.....	520
§27. 孕育鑄鉄.....	523
§28. 球墨鑄鉄.....	525
§29. 可鍛鑄鉄.....	531
§30. 合金鑄鉄.....	535
§31. 鑄鉄的熔炼.....	536
§32. 鑄件浇注.....	548
第六章 鑄鋼件的生产.....	551
§33. 鑄鋼的分类及其应用.....	552
§34. 鑄鋼的鑄造性及造型工艺.....	555
§35. 鑄鋼件的热处理.....	558
第七章 有色合金鑄件的生产.....	559
§36. 銅合金鑄件.....	560
§37. 鋁合金鑄件.....	568
§38. 鎂合金鑄件.....	574
§39. 軸承合金.....	577
第八章 特种鑄造.....	578
§40. 金属性鑄造.....	579
§41. 压力鑄造.....	582
§42. 离心鑄造.....	586
§43. 熔模鑄造.....	589
§44. 壳型鑄造.....	592
第九章 鑄件的落砂、清理及缺陷分析.....	598
§45. 鑄件的落砂及清理.....	598
§46. 鑄件的缺陷分析.....	602

§47. 鑄件缺陷的修補.....	603
第十章 鑄造工艺設計和鑄件設計.....	604
§48. 鑄造工艺設計的概念.....	605
§49. 鑄件結構的基本要求.....	614
§50. 鑄件壁厚的設計原則.....	615
§51. 鑄件壁連接处的設計原則.....	618
§52. 鑄件的內腔、孔洞、凸台等的設計原則.....	620

第四篇 金属压力加工

引言.....	623
---------	-----

第一章 金属压力加工原理.....	625
§1. 变形力及变形.....	626
§2. 金属塑性变形.....	631
§3. 冷压力加工时对金属組織和性質的影响.....	633
§4. 热压力加工时对金属組織和性質的影响.....	635
第二章 压力加工前金属的加热.....	637
§5. 鍛造温度范围.....	637
§6. 金属加热时所发生的現象.....	640
§7. 金属加热规范.....	642
§8. 鍛件冷却.....	644
§9. 加热炉.....	645
§10. 电加热設備.....	650
第三章 軋制.....	652
§11. 軋制过程.....	653
§12. 軋制产品.....	655
§13. 軋制設備.....	657

§14.	钢材生产.....	661
§15.	钢管生产.....	664
§16.	机械制造中的轧制.....	667
第四章	挤压.....	671
§17.	挤压基本概念.....	671
第五章	拉拔.....	673
§18.	拉拔基本概念.....	673
§19.	拉拔的模具及设备.....	676
第六章	自由锻造.....	678
§20.	自由锻造概念.....	678
§21.	自由锻造设备.....	681
§22.	自由锻造的基本工序及工具.....	690
§23.	自由锻造的工艺过程.....	697
第七章	模型锻造.....	714
§24.	模型锻造概念.....	714
§25.	锻模种类.....	715
§26.	锤上模锻.....	718
§27.	曲柄压床上的热模锻.....	735
§28.	平锻机上的模锻.....	740
§29.	其他设备上的模锻.....	747
§30.	模锻后的精整工序.....	755
§31.	冷锻工艺.....	762
第八章	板料冲压.....	765
§32.	冲压工艺.....	765
§33.	冲压设备.....	779
§34.	冲模构造及种类.....	784
§35.	板料冲压的机械化.....	789
§36.	冲压件的工艺性.....	792
第九章	金属压力加工时的安全技术.....	797
§37.	金属压力加工时各方面的安全技术要点.....	797

切削加工量，这也可大大的降低成本。同时鑄造生产不需要昂贵的机器设备，生产基建费不需要很大投资，也使鑄件成本较低。

一般说来，鑄件的机械性能较低，鑄件内部缺陷常使鑄件质量降低，鑄件的精度和表面光洁度较差，鑄造废品率也较高。

§2. 鑄造生产在国民经济中的地位和作用

在国民经济各部门中，鑄造生产被广泛的应用着。

机器制造业的各部门均与鑄造生产有着极密切的关系，到处都使用鑄造毛坯。按重量计，鑄件重量占全部机器重量的百分比，在汽车拖拉机制造业中是40~60%，农业机械制造业中是50~70%，机器和机床制造业中是70~95%。例如，内燃机的气缸体就是用鑄铁鑄成的；拖拉机的履带是用鑄钢鑄成的；农业中用的犁、各种切削机床的床身、床头等都是用鑄铁鑄造的。纺织机器零件绝大部分是鑄件；重型机器中的钢轨机架、水轮发电机的转子、汽轮机底座都是几十吨重的大鑄件。此外，化工机械中的烧碱锅、水为机械中的水泵、冶炼设备高炉中的大盖等，都是用鑄件制成的。在造船业中也使用了大量鑄件，螺旋桨就是一个典型的鑄件；在起重运输机械中，例如火车头的大机架，就是用鑄钢件制成的。

国防工业中也使用大量的鑄件，例如，枪的机槽是精密鑄件，大炮筒子可用离心鑄造法制出，喷气飞机涡轮发动机的涡轮是一个极复杂而重要的鑄件，电器零件很多也是鑄件。

鑄件与人们的日常生活也有着密切的联系，很多生活日用品是鑄件，例如暖气片、铁锅、水管阀门等。鑄件还用在房屋和各种建筑的装饰上；艺术品中的铜象，是青铜鑄件。

在人类征服宇宙空间的时期，鑄造在火箭、原子科学技术上也占有重要地位。

随着鑄件精确度和强度的提高，新的鑄造合金的创造，鑄造生

产在国民經济和人类科学事业的发展中,起着愈来愈大的作用。

对于机械制造工作者来说,为了正确的設計和制造机器零件,或者改进技术,都必须对制成金属零件的金属性能和加工方法有一定的了解。鑄造是“金属工艺学”中一重要組成部分,是获得零件毛坯的主要方法之一。后面将讲述到:鑄件生产特点,工艺过程,鑄造金属性能,鑄件設計,鑄件在机器制造和其他工业上的应用等方面的知識。

本課不仅为了掌握鑄造生产的基本知識,同时它也是很多課程的基础課,它与生产实践有着密切的联系。能帮助正确解决生产实际問題,有效地为社会主义建設服务。

§ 3. 鑄造生产发展概况

鑄造是一門有悠久历史的科学。我国古代的鑄造匠师們很早以前就掌握了渊博的鑄造知識。在殷商时代(公元前 1766~1122 年)就已生产出高度水平的鑄件,酒器、祭器等,有的祭器(司母戊鼎)重达 875 公斤,这些都是青銅鑄件;当时在青銅冶炼方面,已取得很大成就。在春秋时代(公元前 722~481 年)就已經会鑄造鑄鉄件了,这时已采用鉄質农具来提高农作物产量。公元前 513 年,已鑄出了一个大的鑄鉄礼器,上面鑄有当时的法典。明朝崇禎年間,宋应星著“天工开物”一书中載有冶鉄、炼鋼、鑄钟、鍛鉄、造炮等各种金属加工工艺,足以証明我国在当时鑄造就有了很高的技术成就。我国冶鑄生鉄的技术,約較欧洲早 1700 年左右。

但是,由于长期封建統治,近百年来帝国主义的侵略,和国民党反动政权的腐朽专制,严重的束縛了生产力的发展,无数劳动人民的发明創造被埋沒限制。在旧中国,我国工业十分落后,甚至没有一个象样的机械制造厂,生产技术水平也极为低劣,作为机械制造业中薄弱环节的鑄工,其生产水平更是低下。

解放后,在党的领导下机械工业才得到了迅速的发展,由修理走向制造;改变了千百年来旧中国的落后面貌。几年来,在鑄造生产組織和技术水平上都有了巨大的提高,各項技术經濟指标逐年增长,廢品率显著降低。

在鑄造合金方面,我国取得了巨大的成就。1949年我国在实验室条件下制成了球墨鑄鉄,1951年开始在工厂生产条件下制造球墨鑄鉄,以后使用球墨鑄鉄的单位有如雨后春笋。1956年已能用球墨鑄鉄来制造曲軸了;1958年在党的总路綫的光輝照耀下,我国鑄造工作者,將許多机器上傳統使用的鑄鋼件和鍛鋼件,也改用了球墨鑄鉄来制造,試制成功了球墨鑄鉄鉄軌,球墨鑄鉄无縫管,球墨鑄鉄汽輪机轉子等,为球墨鑄鉄的使用开辟了广闊的前途。目前正在稳定球墨鑄鉄的处理方法,寻求新的球化剂,提高球墨鑄鉄机械性能等方面进行研究。

鑄鋼方面,已炼出低碳硅錳高强度鋼,用以鑄造化肥設備中的高压反应筒;不用或少用鎳的耐热鋼、不銹鋼也正在采用;含碳量为1.5%的高碳鑄鋼,是新的鑄造合金,目前正用于鑄造貨車車輪;鑄鉄方面正在研究高級鈦磷耐磨鑄鉄,高硅耐酸鑄鉄等。

在冲天炉熔炼方面,几年来,我国学习和运用了苏联的先进經驗,多数冲天炉已由单排风口改成三排风口;以后又为提高鉄水温度、焦比及熔化率做了很多工作;1958年全民大炼鋼鉄以来,冲天炉增加了热风装置和冷却水套,改用碱性,提高了鉄水质量并延长了炉子寿命。

在造型材料方面,从1951年开始就对全国各地型砂和粘土资源进行了調查;研究出了用高級粘土代替油类、面粉等粘結剂;以亚硫酸紙漿廢液、石油瀝青、水玻璃等做粘結剂。壳型鑄造的粘結剂主要是树脂,目前我国生产的苯酚-甲醛、酚醛-甲醛等树脂均能适合于壳型鑄造。但由于我国目前这些树脂产量还不够多,

价钱也较贵,经过有关方面的努力,利用农产品废料制成酚醛-木素质甲醛树脂,成本比苯酚-甲醛低三分之一还多。

在造型工艺方面,目前各厂已大量采用水玻璃 CO_2 硬化砂型;用湿型来铸造铸钢件。近一年来,在机械制造部门中广泛地采用了我国固有的优秀的铸造工艺方法——坭型铸造。1958年重型机械方面铸造了1150台初轧机机架,毛重达120多吨。

特种铸造中的熔模铸造,也即我国古代采用的“失蜡法”铸造,已有一千年以上的历史,当时用来铸造钟、鼎、佛象等。解放以后,中国科学院机电研究所等单位用水玻璃做粘结剂,做成铣刀、钻头、自行车花鼓筒、缝纫机零件等;表面光洁度达4~6级,尺寸精确度达3~5级。1959年科学院等单位已计划进行超声波振荡真空铸造气轮机叶片的研究;熔模铸造在我国将朝着大型复杂特种合金铸件方面发展。

壳型铸造是一种先进的铸造工艺,在我国只有两年多的历史,虽然时间不长但已在寻找树脂代用品方面取得了成就,在生产中已开始试用自动壳型机;壳型铸造的产品已有曲轴、农业机械零件等;壳型铸造专门车间也已开始兴建。金属型铸造和压力铸造在我国也取得了巨大的发展和更广泛的使用。陶瓷型铸造在我国开始研究也只有两年的时间,但目前已能用来铸出中型铸钢件,由于我国具有丰富的陶瓷原料,所以可以预料这项工艺在我国将得到广阔的发展前途。

随着铸造生产的发展,生产率的提高和劳动条件的改善,在采用铸造机械方面正在日益增长。1950年我国大力推广了漏模造型机,大大提高了生产效率。各种造型机目前也正在生产;并成立了铸造机械专业设计机构,专门从事铸造机械的设计研究。型砂处理和炉料准备的机械化,解放后极为党所重视,混砂机、筛砂机、生铁折断机、机械化加料等均普遍采用。在特种铸造,机械方

原书缺页

方面,各国都做了很多工作。在特种鑄造方面,近年来在各国发展的都特別快,尤其是壳型鑄造、压力鑄造、熔模鑄造,它們不仅能使产量激增,而且已进入自动化的境界。在自动化方面,自动送砂和自动澆注已在苏联、瑞士等国采用。

鑄造生产和其他各生产一样,其发展情况随着社会制度的不同有着很大差别。苏联及各社会主义国家的发展远远超过资本主义国家;以冶炼的金属数量为例,苏联生产量是逐年增长而美国却是逐年下降,最近苏联在鑄造合金的产量上即要超过美国。在资本主义国家里,鑄造研究机构的研究成果由于制度的限制,不能得到推广。

目前;世界各国鑄造生产都在不断扩大,以满足近代科学与技术的要求。鑄造技术的发展方向是:寻找新型的鑄造合金和造型材料,研究和改进新的特种鑄造工艺,实现鑄造生产过程的机械化和自动化,丰富和发展鑄造生产理論,将現代科学技术广泛地应用到鑄造生产的技术部門中去。

解放后,我国在鑄造生产方面也已取得了巨大的成就,今后我們更將满怀信心,在党的英明领导下,把总路綫大跃进的紅旗举得更高,保証按質按量供应国民經济各部門所需要的鑄件,把我国鑄造事业推向世界先进水平。

§ 4. 鑄造生产工艺过程

普通砂型(即一次鑄型)是目前鑄造生产中使用得最多的一种造型方法,其生产过程如图 263 所示。

首先在模型工段按照鑄件图制造出模型和芯盒。在造型工段用已准备好的型砂和模型在砂箱中制出鑄型,开出澆入金属的澆注系統。如果需要的鑄型是干型的话,則还需烘干,但一般多用湿型。在造芯工段用已准备好的芯砂和芯盒制出型芯,此型芯需在

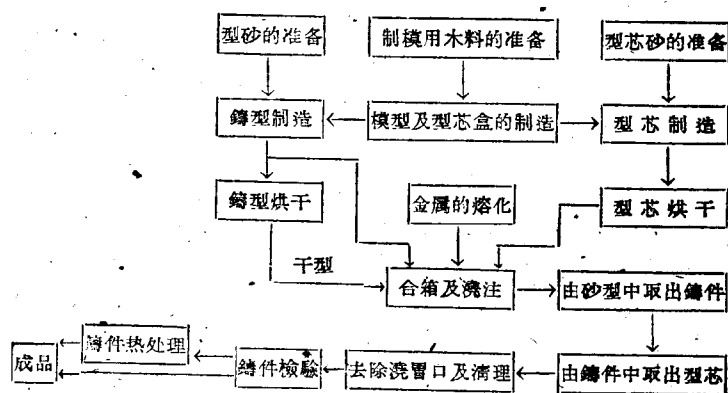


图 263. 鑄件制造的工艺过程图。

烘芯炉中烘干。制造的鑄型及型芯在装配、合箱好后，等待澆注。在熔化工段熔化金属，而后澆到鑄型中，凝固冷却后进行落砂取出鑄件，打掉澆冒口。在清理工段取出型芯砂，清除鑄件表面烧焦的造型混合物，修光毛边飞刺，而后进行检查；有些鑄件需要热处理，可在检查合格后在热处理炉内进行。最后将合格鑄件送到成品庫或送到切削加工車間进行加工。参看图 264 可以进一步了解获得鑄造毛坯的工艺过程；在鑄型中澆入金属后即可得到鑄件。

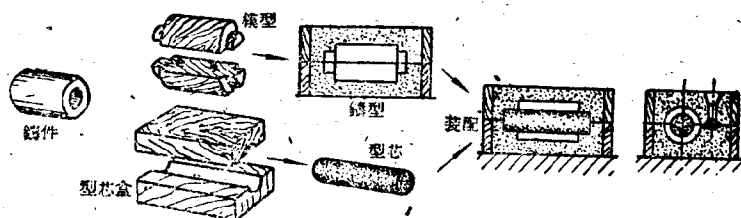


图 264. 制造鑄型的过程。

第一章 造型材料

造型材料是用来制造鑄型和型芯的材料。在鑄造生产中，鑄件的质量在很大程度上决定于造型材料的好坏，不正确的选择造型材料，会造成大量廢品，从而增加鑄件的成本，造型材料对劳动生产率和生产周期，也有很大影响。

普通所說的造型材料是指砂和粘土类混合物而言，用这些材料来制造一次鑄型，也就是仅能利用一次，当鑄件脫砂后鑄型即被损坏。造型材料广泛的含义还应该包括制造永久鑄型、半永久鑄型的材料，但在本章中我們仅討論最普通的和应用最广泛的造型材料，其組成部分是砂、粘結剂、水和特殊附加物，用这种混合物来制造一次鑄型和型芯。

配制好的型砂和芯砂結構示意图如图 265 所示。图中 1 为砂粒，2 为粘土吸收水分后在砂粒表面形成的粘土膜，粘土膜作为粘結剂将各砂粒粘結起来，3 为各砂粒之間的空隙。

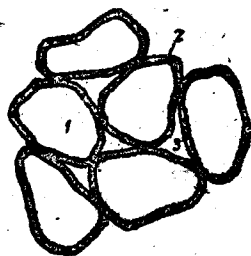


图 265. 型砂結構示意图。

§ 5. 型砂及芯砂性能要求

制造鑄型和型芯，使用由新鮮造型材料和落砂后的旧砂所組成的混合物。

制造鑄型的混合物应该具有下列工作性能：

强度 鑄型必須具有足够的坚固性，以便在外力作用下不致破坏，称为强度。造型材料必須具有这种性能，可使在鑄型搬运、装配、合箱时不致损坏，或当澆注时受到金属液体靜压力和动压力

的作用，鑄型仍可以保持完整，而不致被沖壞。

鑄型及型芯的強度隨着粘結劑的增多而提高；在造型材料中增加水分能使其強度提高，但含水量也不能超過6~8%，否則強度將降低下來；砂粒愈細小或者砂粒大小不均勻時則其強度較高；此外在造型和造芯過程中舂砂的緊實程度也會影響強度的大小。

透氣性 造型混合物由於本身的空隙而可以通過氣體的性能力稱為透氣性。當澆注時，在高溫金屬液體的作用下，從型砂及芯砂內，有時也從金屬中能分離出大量的氣體。假如型砂及芯砂的透氣性不好時，則氣體不能很快的逸出，而滲入金屬里，在鑄件冷卻凝固後即造成氣孔。

型砂及芯砂的透氣性與其顆粒粗細、含水量、粘土含量及舂緊程度有關。粗粒的砂子較細粒的難舂緊，所以具有較大的空隙，透氣性較高。水分在4~6%時，因能使砂粒濕潤起來，同時由於在砂粒表面上復蓋了一層平滑的水膜，而使粗糙的砂粒表面變得平滑，從而改善了透氣性。

耐火性 造型材料經受高溫金屬的作用而不致軟化、熔融及粘附在鑄件表面上的性能稱為耐火性。造型材料耐火性不足時，將會在鑄件上形成一層硬皮，這層硬皮嚴重地增加了機械加工的困難。

當造型材料中純淨的石英砂增加時，其耐火性增高；圓形或顆粒較大的砂子比起多角形的或小顆粒砂子的耐火性高；在造型材料中有鹼性物存在時其耐火性則降低，因此其含量要限制在2%以下。

容讓性 造型材料許可被壓縮的性能叫容讓性。在鑄型里的液體金屬凝固收縮時，若造型材料的容讓性差，則將阻止鑄件的收縮，使鑄件發生縮裂，造成廢品。大粒河砂具有良好的容讓性；分布在砂子之間的大量粘土則會使容讓性變壞。

可塑性 造型材料在外力作用下可以被塑制成任何的形狀，当外力去掉后仍能保持清楚的輪廓，这种性能叫可塑性。造型材料的可塑性随其中粘土及水分(8%以下)的增多而增高；砂子顆粒細小者則其塑性較好。

在往型腔里澆注液体金属时，型芯(也称为芯子)所处的条件較鑄型更不利，在大多数的情况下，差不多所有的型芯表面(芯头除外)都被液体金属所包围，因此制造型芯的芯砂應該具有更高的强度、透气性、容让性和耐火性。

另外，要求型芯本身发生的气体数量少，因为它被液体金属所包围，假若受热后发生大量气体，則容易钻入金属造成气孔。还要求型芯具有更高的容让性，因为在其外圍的金属收縮时，对它的压挤很大，如容让性不足，則严重阻碍鑄件的收縮。还应要求制造型芯的材料在澆注后容易清理；以及型芯在儲存和装入鑄型后不易吸收水分，否則将失掉应有的强度。

§ 6. 造型原材料及輔助材料

新鮮造型原材料及輔助材料可以分为：砂、粘結剂、特殊附加物和涂料等。

砂

砂中的主要成分是石英(SiO_2)，石英顆粒坚硬，耐火性高，可达 1710°C 。在自然砂中，通常还夹杂着其他矿物质，如 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 和 Fe_2O_3 等。这些氧化物是有害杂质，它們会降低砂的耐火性，并且容易粘在鑄件上，难以清理，因此使用时对它們应加以限制，其总量不应超过2%。在选择鑄造用砂时，因金属澆注温度不同，对于砂中所含石英的多少要求也有不同。鑄鋼用的砂其石英含量应特別高，而杂质(氧化物)含量应低，以保持足够的耐火性，石英含量要求大于97%，而一般都使用純淨的人造石英。

砂。鑄鉄用的砂其石英含量可稍低些，約 90%。有色金屬用砂的石英含量可更低些。此外，又因鑄件的大小不同，對於砂粒粗細的要求也不同。小鑄件要有光潔的表面，宜用顆粒細的砂子；大鑄件要求高的耐火性和透氣性，故要用顆粒粗大的砂子；鑄鋼件要用顆粒更大的砂子。在選擇用砂時還需考慮經濟合理，應選擇離廠較近的砂源，以降低運費。

砂子構成的均勻性和它顆粒的大小用篩號來確定；當通過一套標準篩時，根據砂粒在每個篩子上的存留量來判斷砂子的均勻性和大小。標準篩號及其篩孔尺寸列於表 56。

表 56. 篩號及篩孔尺寸

篩 號	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270
篩孔尺寸(毫米)	3.3	1.7	0.85	0.6	0.42	0.3	0.21	0.15	0.105	0.075	0.053

粘結劑

鑄造生產使用的粘結劑種類很多，現分述如下：

粘土 粘土是整塊的硅酸鹽岩石粉碎後的產物，其基本成分是高嶺土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，但是在粘土的組成中尚包含有其他的成分，例如， Fe_2O_3 、 CaCO_3 及 Na_2CO_3 等。粘土的顆粒直徑小於 0.023 毫米。

粘土是應用最廣的一種粘結材料，其來源廣，價廉，能提高型砂和芯砂的強度，發氣量小，其缺點是使型砂和芯砂之容肚性變小，降低造型材料的透氣性及耐火性。

粘土中的高嶺土耐火性很強，塑性及強度也高，可用於鑄鋼的型砂中。還有一種粘土叫膨潤土，它的顆粒極小，吸水性大，即使以較少的數量加入到型砂中，也能提高其強度，這樣不會嚴重地影響到透氣性；膨潤土宜用於濕型作粘結劑，在干型中則不宜使用，