抗脉纹剂材料对比研究及应用

冯月雪[1]，李　娜[1]，姜爱龙[1]，李兆健[2]，季　托[2]，秦倩倩[3]

（1. 潍柴动力股份有限公司，山东潍坊 261061；2. 潍柴动力（潍坊）铸锻有限公司，山东潍坊 261061；3. 潍柴重机股份有限公司，山东潍坊 261061）

摘要：对四种抗脉纹剂材料进行了对比试验，研究了四种抗脉纹剂的物理性能，其加入量对芯砂强度及芯砂热膨胀性能的影响。对比分析了其在某铸铁气缸盖的气道砂芯上的实际应用效果，获得相应试验数据，为抗脉纹剂材料的应用提供参考。

关键词：抗脉纹剂；芯砂强度；热膨胀性

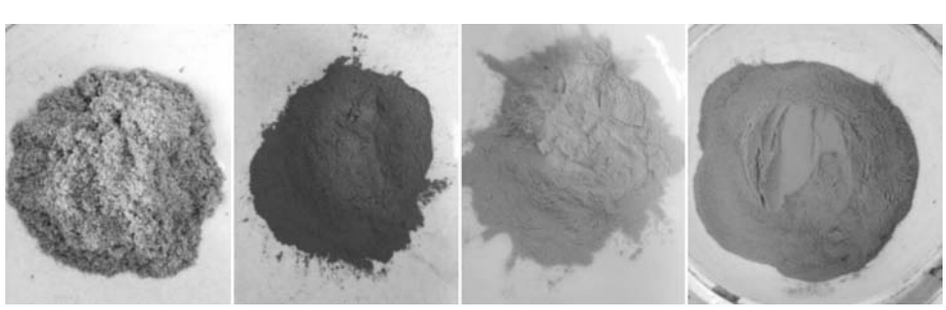
脉纹是树脂砂铸件常见的铸造缺陷之一，大多呈条状或网状分布于铸件内腔表面的转角处和高温热节处，其形成主要原因是砂芯在高温浇注过程中膨胀产生裂缝，金属液钻入裂缝，形成形状不规则、呈锯齿状的金属凸起物[1-2]。生产发动机机体缸盖时，在内腔尤其是水腔或气道中存在脉纹缺陷，会严重影响发动机性能，甚至导致发动机报废[3]。脉纹缺陷可以在清理工序进行去除，但会增加额外的清理成本，同时会有一些清理死角，使得脉纹无法通过清理去除；另外是从砂芯的源头进行解决，比如，通过调整砂子粒度、采用特种砂、加入抗脉纹添加剂等方式降低砂芯的膨胀性，以及选用耐高温性能好的树脂、抗脉纹涂料等来提高砂芯耐热性能等[4-5]。

抗脉纹添加剂作为解决脉纹问题的方式之一，在生产中有着较多应用。在市面上应用的抗脉纹添加剂有较多种类，作用的机理和效果也各不相同[6-8]。本文主要针对几种不同的有机抗脉纹添加剂，进行性能和应用效果的对比分析。

1　试验内容

1.1　物理性能

试验选用了四种抗脉纹剂（图1），物理性能测试结果如表1所示。由表1抗脉纹剂的物理性可知，四种抗脉纹剂的灼减量相当，均在95%左右。抗脉纹剂A与其他三种抗脉纹剂材料有所不同，其中：①抗脉纹剂A为大颗粒锯末状，粒度分布在50/100目；抗脉纹剂B、C、D均为细粉状，粒度主要集中在200目以下，占比大于95%。由于抗脉纹剂密度较小，容易飘飞，最终停留在各筛的总量会丢失1%~2%。②抗脉纹



（a）抗脉纹剂A　（b）抗脉纹剂B　（c）抗脉纹剂C　（d）抗脉纹剂D

图1　抗脉纹剂形貌

Fig. 1 Appearance of four kinds of anti-veining agents

作者简介：
冯月雪（1984–），女，蒙古族，高级工程师，硕士，主要从事铸造材料开发及应用研究工作。E-mail：fengyuex@weichai.com

中图分类号：TG221
文献标识码：A
文章编号：1001-4977（2021）07-0844-06

基金项目：
2017 年度泰山产业领军人才项目：发动机关键铸件数字化快速制造技术开发及产业化。
收稿日期：
2020–12–22 收到初稿，
2021–03–05 收到修订稿。

剂A的发气量为46.7 mL/0.1g，小于50 mL/0.1g，低于其他三种抗脉纹剂；B、C、D三种抗脉纹剂的发气量较高，0.1 g样品的发气量均高于发气量测量仪器的量程60 mL。

基于抗脉纹剂的物理特性，在抗脉纹剂材料的使用过程，应注意以下方面的问题：①由于抗脉纹剂的密度较小，易飘飞，在加入到造型材料和混砂时，产生的飞扬会引起定量偏差，应尽可能避免，并对加入量进行校准；②关注抗脉纹剂飞扬引起的环保性问题，注意设备的密封；③抗脉纹剂材料有较高的发气量，需要根据发气量的大小，对浇注铸件的气孔缺陷进行着重关注。

1.2 芯砂强度

抗脉纹剂材料的加入，对芯砂强度影响较大，因此针对四种抗脉纹剂材料，开展不同抗脉纹剂加入量、不同树脂加入量的试块性能测试。试验在实验室开展，采用三乙胺冷芯盒工艺，制作标准“8”字形试样测试抗拉强度。其中，硅砂采用试验用标准硅砂，树脂组分Ⅰ和组分Ⅱ，按1∶1的比例加入，以下文中树脂加入量均为组分Ⅰ和组分Ⅱ的总加入量。

结果如图2-5所示，在树脂加入量一定的情况下，抗拉强度随抗脉纹剂含量的增加而降低，且不同抗脉纹剂，抗拉强度随抗脉纹剂含量的增加而降低的幅度不同。当抗脉纹剂添加量增加时，需相应增加树脂加入量，才能与初始强度相当（以抗脉纹剂加入量0，树脂加入量1.6%时的强度为初始强度）。

1.2.1 抗脉纹剂A试验

抗脉纹剂A试验结果如图2所示。由图2可知，当树脂加入量为1.6%时，抗脉纹剂加入量由0增加至1.8%，强度降低约20%~30%；当抗脉纹剂加入量1.0%，树脂加入量增加至1.8%时，可达初始强度；当抗脉纹剂加入量1.5%，树脂加入量增加至2.2%时，超过初始强度；当抗脉纹剂加入量1.8%，树脂加入量增加至2.2%时，接近但尚未达到初始强度。

1.2.2 抗脉纹剂B试验

抗脉纹剂B试验结果如图3所示。由图3可知，当树脂加入量为1.6%时，抗脉纹剂加入量由0增加至0.4%，强度降低约25%；当抗脉纹剂加入量0.4%，树脂加入量增加至2.2%时，与初始强度相当；当抗脉纹剂加入量0.6%，树脂加入量增加至2.4%时，与初始强度相当。

1.2.3 抗脉纹剂C试验

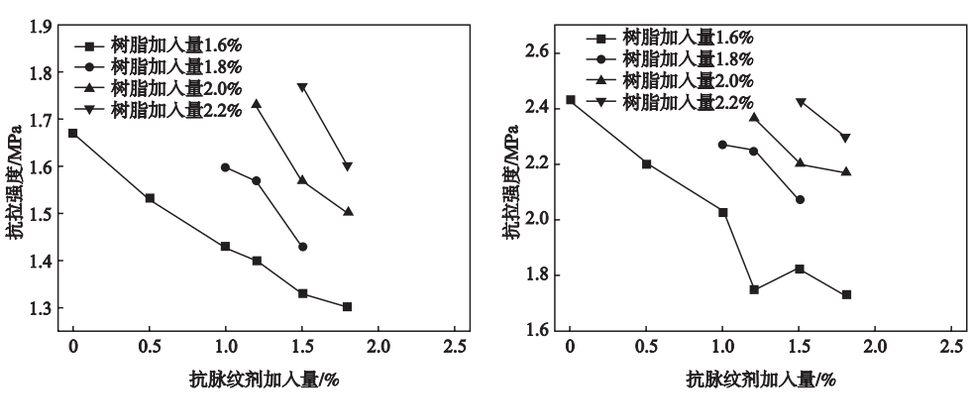
抗脉纹剂C试验结果如图4所示。由图4可知，当树脂加入量为1.6%时，抗脉纹剂加入量由0增加至0.4%，强度降低约18%；当抗脉纹剂加入量0.4%，树脂加入量增加至2.2%时，超过初始强度；当抗脉纹剂加入量0.6%，树脂加入量增加至2.4%时，超过初始强度；当抗脉纹剂加入量0.8%，树脂加入量增加至2.4%时，与初始强度相当。

1.2.4 抗脉纹剂D试验

抗脉纹剂D试验结果如图5所示。由图5可知，当树脂加入量为1.6%时，抗脉纹剂加入量由0增加至0.4%，强度降低约30%；当抗脉纹剂加入量0.4%，树脂加入

表1 抗脉纹剂材料物理性能
Table 1 Physical properties of four kinds of anti-veining agents

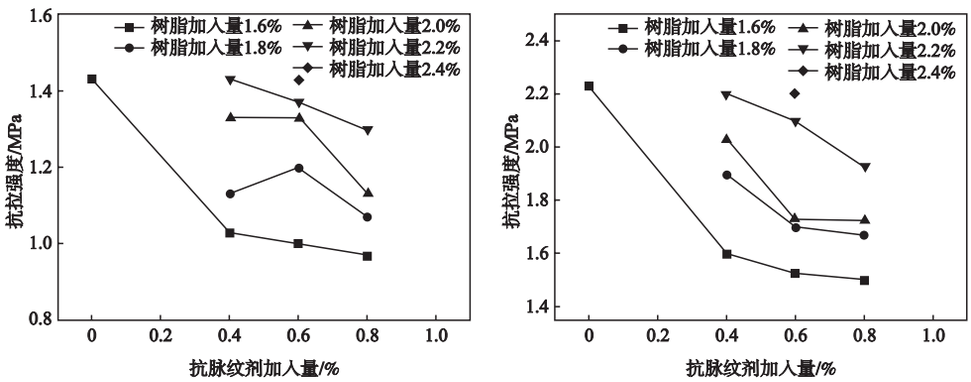
项目	发气量/（mL·0.1g^{-1}）	灼减量/%	粒度
抗脉纹剂A	46.7	94.6	50目/100目
抗脉纹剂B	> 60	93.4	200目及以下 > 95%
抗脉纹剂C	> 60	96.8	200目及以下 > 95%
抗脉纹剂D	> 60	95.6	200目及以下 > 95%



（a）试样瞬时抗拉强度变化　（b）24 h试样抗拉强度变化

图2 抗脉纹剂A试验结果

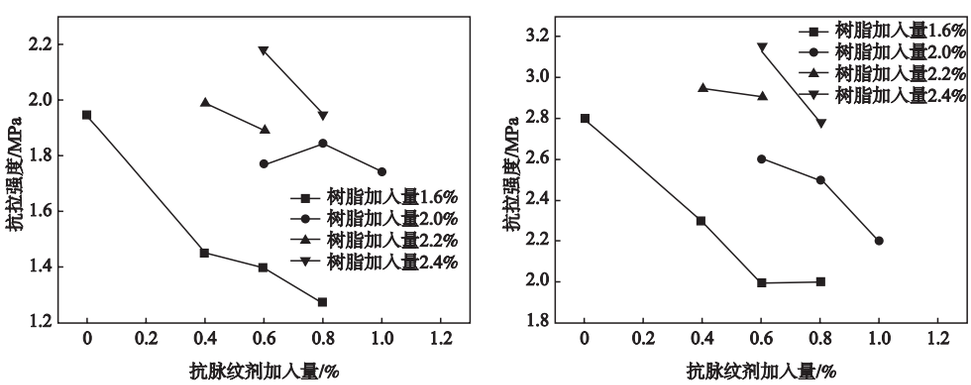
Fig. 2 Testing results of anti-veining agent A



（a）试样瞬时抗拉强度变化　　（b）24 h试样抗拉强度变化

图3　抗脉纹剂B试验结果

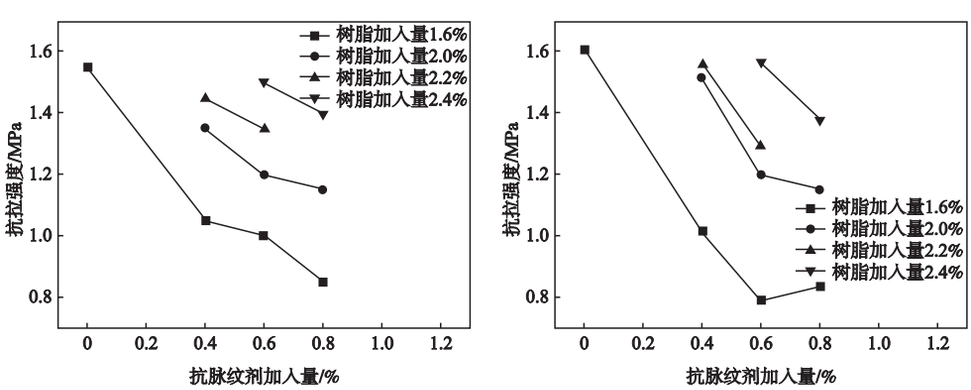
Fig. 3 Testing results of anti-veining agent B



（a）试样瞬时抗拉强度变化　　（b）24h试样抗拉强度变化

图4　抗脉纹剂C试验结果

Fig. 4 Testing results of anti-veining agent C



（a）试样瞬时抗拉强度变化　　（b）24 h试样抗拉强度变化

图5　抗脉纹剂D试验结果

Fig. 5 Testing results of anti-veining agent D

量增加至2.2%时，未达初始强度；当抗脉纹剂加入量0.6%，树脂加入量增加至2.4%时，也未达初始强度。

1.2.5 抗脉纹剂对强度影响

固定树脂加入量为2.2%，对比各个抗脉纹剂对芯砂强度的影响，如图6所示。选用相同抗脉纹剂时，随着加入量的增加，试样抗拉强度降低百分比增大；不同的抗脉纹剂，对芯砂强度降低的影响不相同，其强度降低趋势为：抗脉纹剂A＜抗脉纹剂C＜抗脉纹剂B＜抗脉纹剂D。抗脉纹剂A对强度影响最小，抗脉纹剂D对强度影响最显著。抗脉纹剂的加入会引起芯砂强度的下降，主要是由于与硅砂材料相比，抗脉纹剂颗粒较细，树脂的消耗量增加。抗脉纹剂A比其余三种抗脉纹剂的颗粒大，故消耗树脂量相对少，强度降低小。

在实际应用过程中，首先需明确添加抗脉纹剂含量对芯砂强度降低程度的影响，在添加不同剂量的抗脉纹剂时，相应调整树脂含量，防止添加抗脉纹剂后，芯砂强度过低而报废。

1.3 高温热膨胀性能

高温热膨胀性能的检测方法为：将标准硅砂，分别添加几种抗脉纹剂材料，添加比例1%，搅拌混合均匀，在某JT-SJZ-2高温性能检测仪上进行检测，测试温度1 000 ℃。检测结果如图7所示。与纯硅砂比，添加抗脉纹剂材料的膨胀率均有降低，不同抗脉纹剂的降低比例有所不同，膨胀率大小：硅砂>硅砂+A型抗脉纹剂>硅砂+B型抗脉纹剂≈硅砂+C型抗脉纹剂>硅砂+D型抗脉纹剂，其中硅砂的膨胀率最大，硅砂+D型抗脉纹剂的膨胀率最小。

2 应用效果

将抗脉纹剂在缸盖气道砂芯上进行对比试验验证，砂芯工艺为：硅砂+抗脉纹剂+冷芯盒树脂+三乙胺固化。分别试验不同抗脉纹剂含量对铸件质量的影响，各工艺条件下浇注铸件数量70~100件，浇注试验结果如表2所示，铸件质量见图8。

由表2试验结果可知：①加入抗脉纹添加剂可以有效减轻冷芯的铸造脉纹缺陷问题，文中的四种抗脉纹剂有着各不相同的使用效果，所需的加入量也不同。抗脉纹剂A所需的加入量在1.5%以上，其对砂芯性能影响最小，所需加入量最多，但抗脉纹效果一般；抗脉纹剂B和C有着大致相同的使用效果，当加入量在0.7%

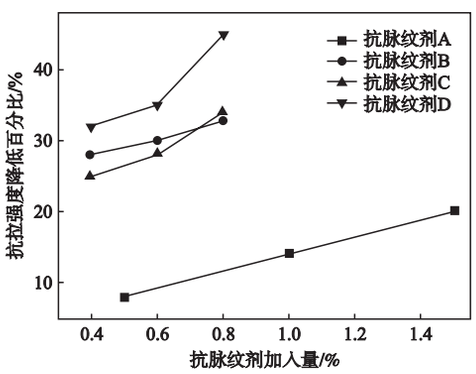


图6 抗脉纹剂对芯砂强度的影响

Fig. 6 Anti-veining agent effect on sand core strength

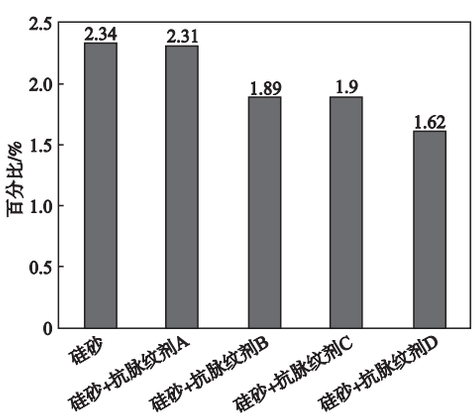


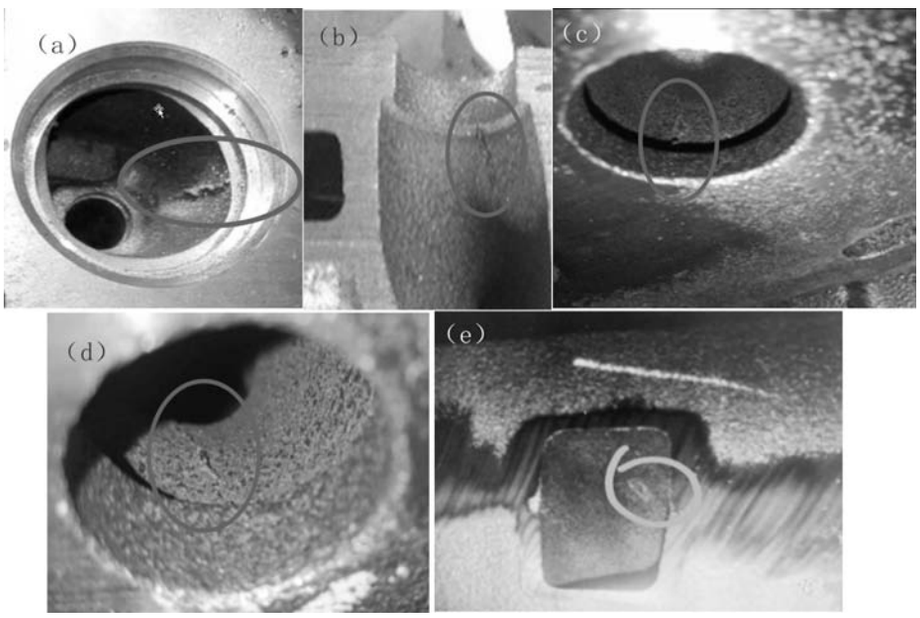
图7 膨胀性能对比

Fig. 7 Comparison of thermal expansion property

表2 缸盖气道砂芯应用试验结果

Table 2 Results applied for casting production

序号	添加剂类型	效果	图示
1	不添加抗脉纹剂	砂芯的内腔存在较为严重的脉纹缺陷	图8a
2	抗脉纹剂A	加入1%时，脉纹缺陷的程度有所减轻，但存在脉纹缺陷的铸件数量并未减少，基本为100%；加入1.5%时，存在脉纹缺陷的铸件数量有所下降，但并未完全消除，仍然存在约40%左右的脉纹缺陷	图8b
3	抗脉纹剂B	加入量0.5%时，仅发现1件轻微脉纹缺陷；加入0.7%时，仍存在1件轻微脉纹缺陷；抗脉纹剂增加至1.0%时，无脉纹缺陷	图8c
4	抗脉纹剂C	加入量0.7%时，存在轻微脉纹缺陷，比例大约在7%~8%；加入1.0%时，无脉纹缺陷	图8d
5	抗脉纹剂D	加入量0.7%时，脉纹缺陷在5%以下，但由于芯砂强度低，导致气道壁存在多料缺陷；加入量1.0%时，脉纹缺陷消除，同时芯砂强度进一步降低，多料缺陷更加严重	图8e



（a）不添加抗脉纹剂；（b）添加抗脉纹剂A为1%或1.5%时；（c）添加抗脉纹剂B为0.5%或0.7%时；
（d）添加抗脉纹剂C为0.7%时；（e）添加抗脉纹剂D为0.7%时

图8　抗脉纹剂在缸盖气道砂芯上的应用效果

Fig. 8 Practical application effects of anti-veining agent materials in sand core for air passage of a cast iron cylinder head

时，效果较好，略有脉纹缺陷，加入量增加到1.0%时，效果最优；抗脉纹剂D加入量为0.7%时，未达最优效果，但继续增加加入量，砂芯的强度进一步降低，引起多料等缺陷。②由几种抗脉纹剂的试验结果，与高温膨胀性能进行对比可知，抗脉纹效果与高温膨胀性能有一定的对应关系。本文高温膨胀性能是未经树脂粘结的散砂性能，不能代表砂芯的高温膨胀性能，但对于抗脉纹剂的抗脉纹效果的预判，具有一定的参考意义。

3　结论

（1）加入抗脉纹添加剂可以有效解决冷芯的脉纹缺陷问题，但不同的材料在抗脉纹效果上有所不同，四种抗脉纹剂的实际抗脉纹效果：抗脉纹剂A < 抗脉纹剂D < 抗脉纹剂C≈抗脉纹剂B。

（2）四种不同的抗脉纹剂对芯砂强度有不同的影响，其强度降低趋势为：抗脉纹剂A < 抗脉纹剂C < 抗脉纹剂B < 抗脉纹剂D。强度变化和抗脉纹效果没有直接对应关系。

（3）抗脉纹剂材料相对砂子的比重较轻，加入和混砂时会引起加入定量的偏差，需对加入量进行关注，必要时进行校正。

（4）抗脉纹剂材料有较高的发气量，需要根据发气量的大小，对浇注铸件的气孔缺陷进行着重关注。

（5）抗脉纹剂加入量对芯砂强度影响较大，预先通过不同脉纹剂加入量、不同树脂加入量的强度分析，可在实际应用时对树脂加入量进行调整，避免由于芯砂的强度过低，造成铸件的多料等缺陷。

（6）散料的热膨胀性，在一定程度上，与抗脉纹剂材料的实际效果有对应关系，但由于材料种类较少，摸索数据不全，是否存在对应关系，需进一步试验获得更多的材料数据进行验证。

参考文献：

[1] 黄天佑. 造型材料 [M]. 北京：机械工业出版社，2012：321.
[2] 朱江. 铸铁件树脂砂防脉纹涂料配方及性能的研究 [D]. 武汉：华中科技大学，2015.
[3] 龚连金，黄光伟，李保全. 抗脉纹剂在4DA1柴油机缸体水套芯上的应用 [J]. 现代铸铁，2020，40（2）：16–19.
[4] 林旭东，吴胜峰，刘宏有，等. 脉纹缺陷的防止及抗脉纹剂在树脂砂芯上的试用 [J]. 机械工业标准化与质量，2016（11）：47–49.
[5] 黄磊. 4GA汽油机缸体水套脉纹问题的解决方法 [J]. 现代铸铁，2018，38（3）：38–43.

[6] 赵远名，何书恒. 抗脉纹添加剂在汽车铸件上的应用 [J]. 铸造材料，2013（5）：32–34.
[7] 林旭东，吴盛峰，刘宏有，等. 发动机缸体铸件脉纹缺陷的防止措施 [J]. 现代铸铁，2016，36（3）：79–81.
[8] GILSON D M，ARCHIBALD J J，VANDENBOS S. Fighting veining defects with sand additives [J]. Modern Casting，1995，85（5）：38–40.

Comparative Study and Application of Anti-Veining Agent Materials

FENG Yue–xue[1], LI Na[1], JIANG Ai–long[1], LI Zhao–jian[2], JI Tuo[2], QIN Qian–qian[3]
(1. Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261061, Shandong, China; 2. Weichai Power Casting&Forging Co., Ltd., Weifang 261061, Shandong, China; 3. Weichai Heavy Machinery Co., Ltd., Weifang 261061, Shandong, China)

Abstract:
The physical properties of four kinds of anti-veining agents were tested, and the effects of their addition amount on the strength and thermal expansion of core sand were studied. The practical application effects of four kinds of anti-veining agents in the sand core for the air passage of a cast iron cylinder head were compared and analyzed, and the corresponding test data were obtained, which will provide a reference for the application of anti-veining agent materials.

Key words:
anti-veining agent; core sand strength; thermal expansion property

（编辑：潘继勇，pjy@foundryworld.com）