

第5届 国际材料热处理年会 译文选

《金属热处理》编辑部选译



机械工业出版社



TG15
31
3-5

第5届国际材料热处理年会 译文选

《金属热处理》编辑部选译

1040/24



机械工业出版社

B

543551

该论文选是从年会收到的257篇论文中选出的88篇，由《金属热处理》编辑部选译。它涉及面广，学术水平高，实用价值大，反映了当前国际热处理技术及学术发展动向。并在附录中以题录形式介绍了我国作者的论文。

可供从事材料和金属热处理的技术人员阅读，也可供有关大专院校师生参考。

第5届国际材料热处理年会

译文选

《金属热处理》编辑部选译

*

责任编辑：王兴垣 仲 晖 曲彩云

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

高能物理研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经营

*

开本 787×1092 1/16·印张28 1/2·字数899千字

1988年 9月北京第一版·1988年 9月北京第一次印刷

印数 0,001—1,430·定价：21.50元

*

ISBN7-111-00087-0/TG·32

前 言

第5届国际材料热处理年会 (IFHT) 于1986年10月20~24日在匈牙利首都布达佩斯举行。有20多个国家和地区的368名代表出席。我国机械工程学会热处理学会及部分单位的代表共17人参加了大会。

本届年会共收到论文257篇 (其中我国有80多篇), 按9个专题划分为: (1) 物理冶金、组织与性能112篇; (2) 工具热处理12篇; (3) 渗氮和氮碳共渗25篇; (4) 渗碳和碳氮共渗16篇; (5) 特殊化学热处理及覆盖层的应用32篇; (6) 高能加热表面处理13篇; (7) 节能9篇; (8) 冷却介质及设备17篇; (9) 非铁合金的热处理21篇。本届年会论文数量是历届年会最多的一次, 涉及面广, 学术水平高, 实用价值大, 反映了当前国际热处理技术及学术发展动向。本届年会出版了含有英、法、俄、德4种文字的论文集。为使我国广大热处理工作者了解论文内容, 《金属热处理》编辑部组织选编了其中88篇国外作者的论文, 国内作者的全部论文在附录中以题录形式列在书后, 供读者参阅查找。附录中的数字系原文页数, 以便读者查阅。

由于时间仓促, 译文不当之处在所难免, 敬请读者批评指正。

译 者

1987年6月

目 录

前言

1. 低温等温处理对4340钢断口的影响 [中国、美国] Gu, Baozhu 等	1
2. 经盐浴和气体氮碳共渗处理后零件强度性能的比较 [联邦德国] D. Liedtke 等	6
3. 奥氏体Cr-Ni-Mo钢中金属间相的析出颗粒对应力腐蚀的影响 [波兰] E. Szpunar 等	12
4. 10Ni9Mo低温钢的热处理 [捷克斯洛伐克] P. Pahuta 等	19
5. 球状石墨和铸铁金属基体间的碳扩散 [波兰] Mieczyslaw 等	24
6. 用微型计算机对比各国钢的标准 [匈牙利] Bobok Gy 等	30
7. 低碳钢的热处理与定量显微镜参数的关系 [匈牙利] Czinege, I. 等	32
8. 钢材的实测性能和热处理工艺数据库 [匈牙利] Gergely M. 等	35
9. 显示退火高速钢奥氏体晶界的新方法 [匈牙利] Szilvassy, Cs 等	39
10. 含铁素体 Cr-Ni 钢的化学成分和组织组分对马氏体形成的影响 [联邦德国] WeiB, A. 等	42
11. 渗氮层生长动力学的数学模型 [波兰] J. Rataiki 等	46
12. Cu-9Ni-xSn型调幅合金的形变热处理、组织与机械性能 [捷克斯洛伐克] P. Kratochvil 等	52
13. 钢在氨气氛中渗氮基体含碳量和工艺条件对ε相产生的影响 [波兰] Kazimierz Szczecinski 等	56
14. 铁素体-奥氏体双相不锈钢脆化反应协调作用的一些情况 [罗马尼亚] Aneta Vasiloiu 等	60
15. 锻件锻后直接热处理 [捷克斯洛伐克] M. VOLMI (RNUR) 等	69
16. 高锰钢由韧性转变到脆性的行为 [日本] Y. Tomota 等	75
17. 热处理对高强度调质钢在静态及脉动循环应力下的室温蠕变的影响 [联邦德国] H. Berns 等	81
18. Fe-Mn-Ti结构钢的热处理 [波兰] A. Lis 等	89
19. 各种扩散层的断裂机理 Konrad Fialkowski 等	93
20. 用计算机制定焊接钢结构释放应力热处理工艺的研究 [罗马尼亚] Ion Hopulele 等	98
21. 用脉冲等离子体法产生铝镍钴合金磁性层的特性 [波兰] Krzysztof Zdunek	104
22. 线材快速加热形变热处理 [波兰] Eucja Cieślak 等	107
23. 金属在流态床中的热处理 [苏联] С. В. Грачев 等	116
24. 热循环处理对X12M钢马氏体某些亚结构参数的影响 [苏联] N. Панчовски 等	118
25. 低碳冷轧结构钢中的反常组织 [保加利亚] Ст. Владимиров 等	120
26. 碳氮共渗对18CrMnTi钢表面层组织和疲劳强度的影响 [波兰] J. Adamczyk 等	124
27. 化学成分和热处理对低合金钢轨钢组织和机械性能的影响 [波兰] Эльжбета Калиновска Озгович	130

28. Cr-Mo-V 锻模钢的渗硼层组织 [波兰] J. Adamczyk 等	137
29. Y10A 钢激光淬火后热影响区的组织不均匀性 [保加利亚] B. X. Анчев等	142
30. 反复加热对铁-镍合金组织的影响 [苏联] B. И. Бондарь等	147
31. 用冷处理方法改变合金工具钢亚结构和合金元素的重新分布 [罗马尼亚] Ioan Aleiandru 等	151
32. 奥氏体化工艺参数对 SW(12-0-2) 高速钢组织与性能的影响 [波兰] Leopold BERKOWSKI 等	159
33. 热处理工艺对 Cr-Mo-W-V 工具钢组织与性能的影响 [波兰] Eugeniusz HAJDUCZEK 等	164
34. 渗氮层中的残余应力及弯曲和滚动疲劳特性的改进 (法国) J. Barralis 等	169
35. 离子渗氮工艺参数对冷成型工具质量的影响 [南斯拉夫] Kakas D. 等	176
36. 烧结钨的离子渗氮和离子氮碳共渗 [联邦德国] K.-T. Rie 等	180
37. α 铁渗氮层增长动力学的试验研究 [波兰] J. Ignaciuk 等	185
38. 控制气体渗氮工艺参数的微机系统 [波兰] R. Olik 等	191
39. 渗氮气氛组分对渗氮动力学与扩散结构的影响 [波兰] Kazimierz Szczecinski	194
40. 结构钢流态床渗氮和氧化 [波兰] Zbigniew Rogalski	198
41. 离子渗氮——制造高精度工具的最后工序 [保加利亚] Д. Бучков等	204
42. 离子渗氮时氮化物的特性 [保加利亚] B. Ч. Тошков等	209
43. 离子渗氮温度和时间对化合物层的影响 [保加利亚] Н. Н. Мартовичкая等	214
44. 控制含碳量和硬度分布的渗碳 [意大利] I. Montevicchi	218
45. 综合计算机系统用于气体渗碳 [日本] N. Kanetake 等	223
46. 辉光放电渗碳 [保加利亚] Т. Тончев等	229
47. 关于电和气体加热流态床炉的几个论点 [罗马尼亚、匈牙利] Kolozsvary Z. 等	233
48. 碳对渗碳轴承钢性能的影响 [波兰] Maigorzta Przyiecka	236
49. 在含氮气氛中的辉光放电处理 [芬兰] A. S. Korhonen 等	242
50. 钢的化学热处理现状及发展前景 [苏联] Ю. М. Ляхтин	246
51. 含氮奥氏体不锈钢用化学气相沉积方法扩散铬 [英国] A. KEMPSTER	250
52. 工具钢基体成分对 TiC 覆层结合性的影响 [瑞士] H. J. Böving 等	256
53. 应用流态床渗铬渗硼 [日本] Tohru Arai 等	261
54. 钢离子渗硅时扩散过程的研究 [保加利亚] B. BOUTCHKOV 等	266
55. 钢材表面在辉光放电下形成碳化钛覆盖层的摩擦性能 [波兰] T. Wierz chon 等	270
56. 在低压渗钛中从碳化钛和碳氮化合物层形成的观点看钢基体中碳的作用 [波兰] J. Michalski 等	273
57. 用金属氧化物还原法形成扩散覆层 [日本] Shinji Hirai	277
58. 节约能源的化学热处理工艺 [苏联] Коран Я. Д.	283
59. 钢的 B-Mo 或 B-W 多元扩散层 [波兰] Marek Chochołowok 等	287
60. 粉末渗硼中取决于介质和基体合金成分的铁硼反应 [意大利] G. Palombarini 等	291
61. 铁的气体硼硅共渗过程的热力学分析 [波兰] Aleksandra Pertek 等	295
62. 化学热处理对结构钢疲劳强度的影响 [波兰] Nakonierzny, A. 等	299

63. 流态床在化学热处理中的应用 [罗马尼亚] Леоניתин, Друга 等	300
64. 在高能密度表面处理时金属组织的关系 [匈牙利] I. ARTINGER 等	304
65. 碳钢在激光相变硬化中的珠光体溶解 [民主德国] D. Lepski 等	309
66. 表面状况对激光热处理的影响 Jan Straus 等	315
67. 石墨覆盖对低碳钢表面激光熔化的影响 [意大利] L. Giordano 等	319
68. 激光处理的 AISI431 不锈钢的组织特点和电化学性能 [法国] M. MAGRINI 等	324
69. 大型齿轮的表面感应淬火 [匈牙利] Zoltan NEMETH 等	329
70. 钢用等离子体电子束超高速淬火所获得表面层性能的研究 [罗马尼亚], Eng. Ileana Nicolescu 等	335
71. 用于计算炉内热处理工艺过程中能耗的国际计算机系统 (CALECIF) [波兰] Alesander Sala	342
72. 用于加热炉及热处理炉节能和 NO_x 生成少的一种新型燃烧器 Dr.-Ing. J. Wunning	348
73. 气体渗碳中有效的能源利用 [芬兰] Raimo Pylvkinen 等	353
74. 热处理零件形状对工艺能源消耗的影响 [波兰] Tadeusz Burakowski 等	357
75. 在充气式炉中热处理时的生态学问题 [苏联] АпремьеВ.Д. 等	363
76. 所测淬火烈度与淬火件硬度分布的关系——IFHT 的任务之四 [瑞典] Karl-Erik Thelning	366
77. 淬火条件的计算机辅助选择 [南斯拉夫] B. LIŠČIĆ, T. FILETIM	387
78. 应用淬火介质特性控制热处理 H. M. Tensi 等	392
79. 重湿润率——淬火剂的重要特性 Kunzel Th 等	398
80. 聚合物淬火介质在波兰的生产与应用 [波兰] J. Wyszkwski 等	404
81. 变形工具的真空热处理 [保加利亚] И. Михайлов 等	410
82. Al-Zn-Mg 合金二步和连续热处理影响的比较 Avramovic-Cingara. G 等	414
83. Cu-Cr 合金经不同形变热处理后强化机理的改变 [南斯拉夫] V. šijački-žeravčić 等	419
84. 钛和钛合金离子渗氮的显微组织 [联邦德国] K.-T. Rie 等	422
85. 高强度铝螺钉基本材料的热处理问题 [匈牙利] Károly Banizs 等	427
86. Al-Si 铸造活塞的经济热处理以满足特定性能 [匈牙利] A. Rajczy 等	430
87. 形变热处理对抗蠕变 Mg 基合金的强化 [捷克斯洛伐克] I. Stulikova 等	434
88. 奥氏体状态 N-C 共渗工艺的物理冶金特性 [英国] T. Bell 等	438
附 录	445

低温等温处理对4340钢断口的影响

〔中国、美国〕 Gu Baozhu等

对4340钢淬火、回火和200~430℃之间等温转变的试样,进行了CVN机冲击试验。回火的马氏体和下贝氏体组织的硬度在HRC52时,具有相当高的冲击韧性。但因为上贝氏体易于撕裂,所以其韧性低得多。所有的显微组织有同样的断裂初始能。上贝氏体的韧性降低,是由于CVN试样在裂纹扩展期间吸收的能量微不足道。在此研究的基础上,我们得出结论:4340钢经淬火、回火,其马氏体和下贝氏体显微组织的冲击断裂是等效的。因此,双介质淬火工艺主要适用于较大的截面,或在变形和淬火开裂上可能出问题的高碳钢。

一、引言

在淬硬的钢中,一些特殊热处理已能将畸变、残余应力和淬火开裂减至最低限度^[1,2]。像马氏体分级淬火或双介质淬火这些处理,就是淬火到 M_s 以上温度,然后保温一充足时间,直至整个零件温度均匀一致,然后,从 M_s 空冷到室温。另一种工艺是等温淬火处理,淬火至 M_s 以上并保温,直到奥氏体完全转变为下贝氏体为止。下贝氏体等温淬火不仅有使相变应力趋于最低的效果,而且会形成有良好韧性的下贝氏体^[3~6]。然而,上贝氏体降低韧性^[4~6]。业已发现马氏体和下贝氏体混合组织具有高硬度和强度及良好韧性^[7,8]。本研究目的是以冲击试验来评定一系列等温转变的4340钢试样的断裂并与那些淬火、回火后的4340钢试样所得的结果相比较。

通常,用夏氏V型缺口冲击试验测量在断裂期间的总吸收能;在裂纹萌生和扩展阶段,容许用CVN机试验对吸收能进行评价^[11~13]。

二、试验方法

真空感应熔炼4340钢成分为: C0.40%、Mn0.73%、Si0.27%、Ni1.83%、Cr0.75%、Mo0.25%、S0.003%、P0.003%和Al 0.035%。这种钢对淬火、回火后的冲击试样有降低脆性的效果^[14]。CVN标准试样用收货状态的1.59mm厚板在L-S方向机加工制成,并经1200℃、10h均匀化。

所有试样在870℃、保温1h的盐浴中进行奥氏体化。一些试样直接油淬至室温,其他试样在200℃、280℃、330℃或430℃盐浴中等温转变1h并在空气中冷却。然后,所有试样都在200℃回火1h。图1示出4340钢等温热处理与等温转变特性曲线图^[15]的关系。

CVN冲击试验使用由一台Tinius Olsen 358J型冲击机和Dynatup 371A型仪器系统组成的冲击试验设备进行。每一试样用一台Nicolet 4094数值示波器记录载荷作为时间函数的曲线。

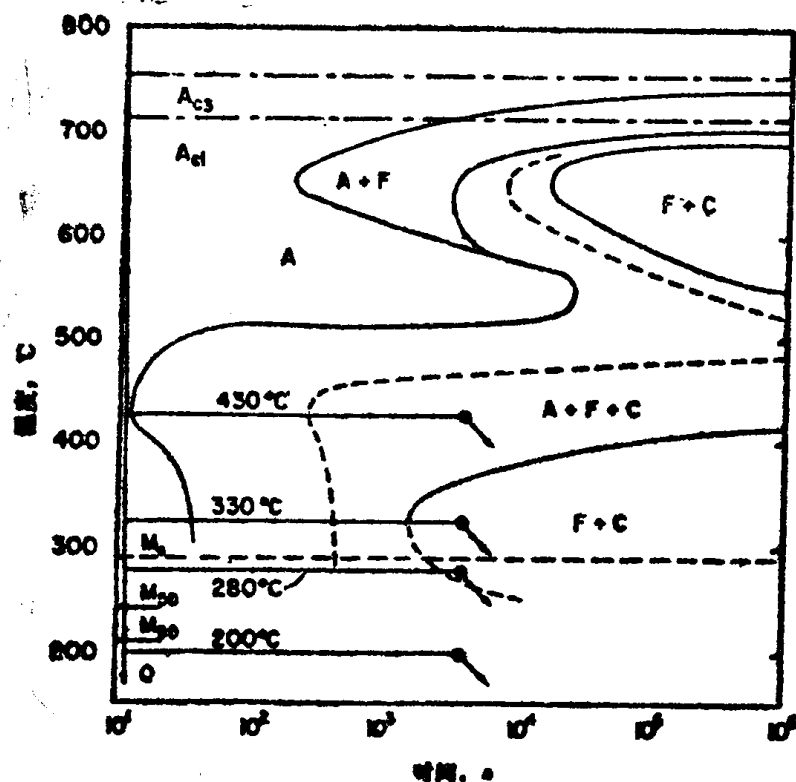


图1 等温热处理试验中4340钢的等温转变图

硬度用洛氏硬度计测定，并采用标准的金相方法制备光学和电子显微镜检验试样。试验结果虽已阐述，但因篇幅所限，不同组织的金相照中，请读者参见文献[16]。

三、结 果

1. 显微组织的特性

光学显微镜能分辨差别不大的回火马氏体和大部分在 280 °C 转变的下贝氏体。贝氏体组织与回火马氏体组织相比，性质上指示的显著差别包括某些较粗大板条或片以及很不规则排列的板片。用光学显微技术测量，回火马氏体和下贝氏体显微组织中分辨不出碳化物。与此相反，在 430 °C 等温转变形成的上贝氏体显微组织内可分辨出拉长的和球状的两碳化物。所有在 870 °C 奥氏体化后的试样原奥氏体晶粒尺寸，都在美国材料试验学会标准 (ASTM) 规定的 5 级和 6 级之间。

在不同的显微组织里，透射电子显微镜更清晰地分辨了碳化物的分布。通过冷却并保持在 200 °C 且在 200 °C 回火形成的、含有细小过渡碳化物的回火马氏体精细结构，为回火的第一阶段特征型式^[2]。在 280 ~ 330 °C 转变的试样组织，由具有与贝氏体铁素体片纵轴成 55 ~ 60° 的细小碳化物的下贝氏体构成^[10]。330 °C 等温转变的试样，在铁素体片内也可观察到相似的但较粗分布的碳化物。430 °C 转变的试样，上贝氏体含有典型的粗碳化物。板条间碳化物平行于板条长轴，也出现板条间碳化物。

2. 硬度和冲击韧性

图 2 示出硬度随等温温度的变化关系。贝氏体显微组织的硬度随等温转变温度的提高而降低。如前所述的硬度的降低同增加显微组织的粗度有关。

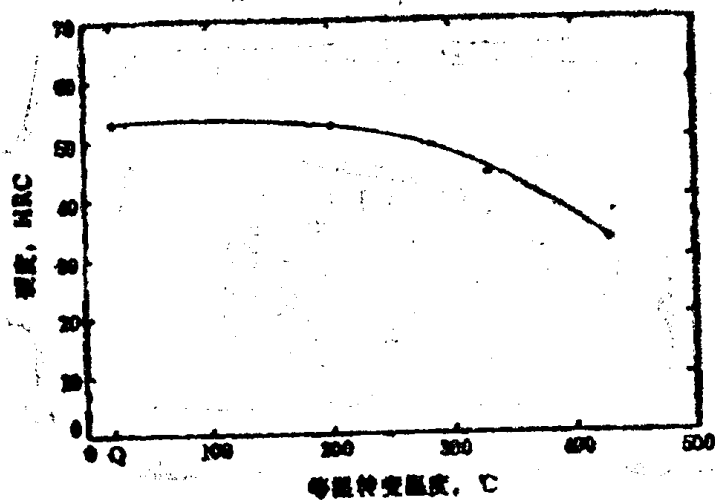


图2 4340钢试样硬度随加热温度的变化关系

图3示出CVN机冲击试验产生的两个典型的载荷与时间关系曲线。具有较高冲击韧性的试样的载荷-时间曲线由一线性增加载荷加一个载荷不变的周期特征载荷组成。在曲线下面两部分区域给出的能量称作 E_1 和 E_2 。低韧性试样产生的曲线只有线性部分,而在冲击断裂期间所有的吸收能称为 E_1 。

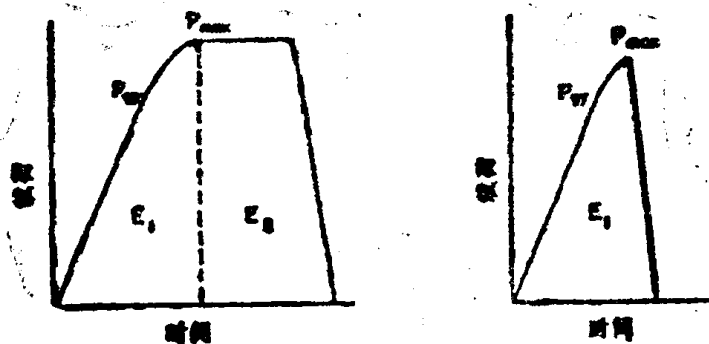


图3 对高强度4340钢显微组织分析得出的典型载荷-时间曲线

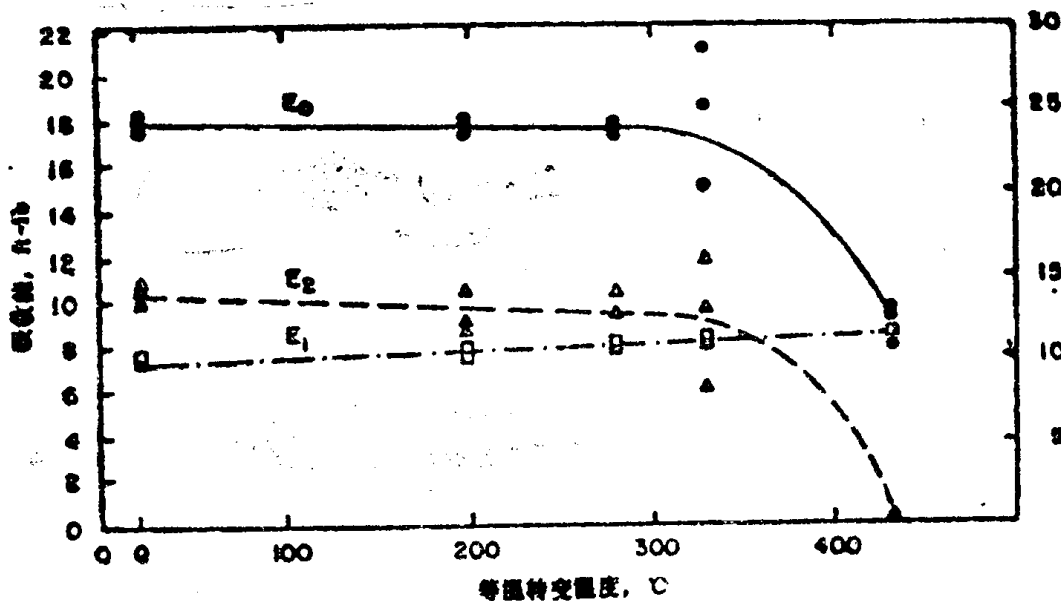


图4 4340钢的冲击吸收能随热处理温度的变化关系
 E_2 为全部吸收能, E_1 为初始能, E_3 为扩展能

图4示出各种试样冲击时吸收的能量。全部吸收能为24J (17ft-lb)，淬火和回火后的试样在冲击断裂期间，像早期测量过的相同热处理状态的4340钢一样。除那些在430℃等温转变以外，所有试样吸收的总的冲击能几乎相同，而且 E_1 和 E_2 比值也几乎相同。430℃转变的试样，不考虑其他有关试样，硬度降低很多，显示出脆得多的冲击断裂行为。在430℃的所有断裂吸收能与载荷-时间曲线线性部分导出的能量 E_1 有关。对上贝氏体显微组织测量到低韧性和文献观察报告一致^[5,6]。

3. 断口分析

每个CVN试样如下所述，直接靠近缺口的是初始断裂区，在显微尺度上不易于分辨。断口表面的比较，包括剪切边缘以及与不稳定裂纹扩展有关的各种断口形态。淬火、回火后的试样和在200~280℃等温转变的试样。在断口表面的侧边上，看不见凸出的剪切棱边。430℃等温转变试样示出了没有剪切棱边，甚至在宏观上，也显示有解理断裂的平反射面特征的证据。

淬火和在200℃回火后并在200℃等温转变的试样的断口表面，主要包括有聚集微观孔穴。一些微孔是非常薄的。与此相反较高温等温转变试样示出了混合聚集微观孔穴和细致的平面，后者断口形式往往称为准解理。等温转变为上贝氏体的试样示出了典型的解理断裂表面。

图5示出CVN试样缺口根部的断裂萌生区。所有初始区域，甚至在430℃等温转变的那些试样，是由精细显微空穴聚集为特性的剪切断裂，这个淬火和回火后的碳钢中的剪切断裂形态学的研究，与奥氏体后残留的细小微孔形成精细碳化物颗粒有关^[12,13]，并已发现是缓慢进行弯曲试验的4340钢圆缺口处初始断裂的特征^[17]。

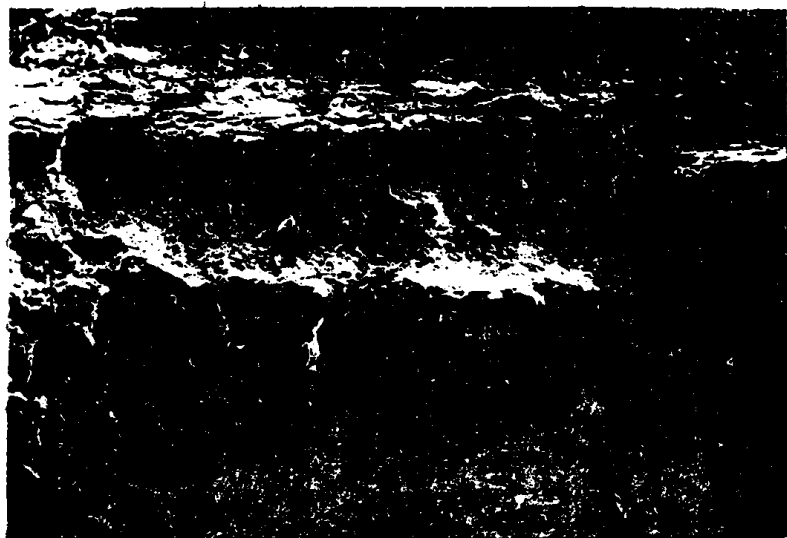


图5 4340钢在280℃等温转变和在200℃回火后的CVN试样在缺口根部(顶部)的剪切区 ×100

四、讨 论

图4表明所有试样中吸收的冲击能量差别是很小的，仅有一些在430℃等温转变的除外。后者试样显微组织是由明显降低冲击韧性的上贝氏体组成。然而，在冲击过程的断裂初始和能量吸收的机理，由上贝氏体显微组织引起，对此，所有试样是相同的。所以，对430℃等温

转变的试样，冲击能量吸收的差别必定是由于断裂过程同裂纹的扩展有关所造成。这些试样没有剪切边缘，而且没有 E_2 的成分。所有其他的热处理试样示出轮廓分明的剪切边缘和大的 E_2 。因而，这里提出的判据与裂纹扩展时的吸收能量作为CVN试样同在经过棱边处的平面应力产生剪切棱边缘有关。粗大碳化物和上贝氏体的直板条铁素体促进解理而没有剪切棱边，可是在回火马氏体和下贝氏体显微组织内弥散分布的碳化物，则促使试样边缘处剪切而导致微观空穴聚集。

本研究从发展4340钢高强度、硬度和韧性的最佳热处理这个论点中，已表明淬火、回火或低于330℃的温度等温转变热处理试样，其冲击断裂性能和韧性都几乎是等同的。实际上大截面钢在穿透淬火时，可能有高的残余表面拉应力，而等温转变的马氏体和下贝氏体混合物或下贝氏体可能有低的残余应力和小变形及淬火开裂。在本研究中估计对 CVN 试样有微小的影响。淬火、回火后的试样和下贝氏体在显微组织和断裂表面形态之间微小的变化，似乎也不致明显影响冲击断裂时能量吸收。

五、结 论

(1) 本研究证实了高强度4340钢淬火、回火后马氏体与下贝氏体的CVN冲击韧性比上贝氏体好。

(2) 所有的显微组织，甚至是上贝氏体的裂纹萌生，是由切变引起细小的显微空穴聚集而产生的。所有显微组织的裂纹萌生能量是相同的。

(3) 上贝氏体劈裂扩展便降低 CVN 韧性，原因是解理断裂扩展时能量吸收很少。较后的破断脆性形式扩大到 CVN 试样的其他高强度显微组织的一侧。平面应力状态便引起剪切棱形成。

(4) 4340钢淬火和等温转变所得的回火马氏体和硬度相同的下贝氏体 CVN 冲击韧性相同，尽管一些显微组织和不稳定断裂扩展的机理有所不同。

(贾洪艳译，莫志雄校)

经盐浴和气体氮碳共渗处理后零件 强度性能的比较

〔联邦德国〕D. Liedtke等

对Ck15和16MnCrS5渗碳钢、Cf45和41CrS4调质钢,在盐浴(TF1)和气体(氨/甲胺)中进行氮碳共渗后的组织和强度性能进行了对比试验。渗氮条件相同,得到的组织也相同,在静弯试验和缺口冲击试验中所得到的强度性能同样也基本相同。因此就其试验参数而言,这两种氮碳共渗方法是等效的。对强度性能的主要影响因素是热处理前的组织状态。

一、引言

就处理温度和时间而言,气体氮碳共渗是一种与盐浴氮碳共渗等效的方法。如果考虑自动化程度和环境污染程度,气体氮碳共渗则显示出它的优越性。在选择氮碳共渗方法时,决定因素是共渗层的组织(在这些方法中,渗层含有氮,碳和氧)和共渗后零件的性能是否等效。为了弄清这些问题,在一大批试验中^[1,2],对盐浴氮碳共渗和多种气体氮碳共渗进行了比较。根据这些试验,本文就盐浴氮碳共渗(Tenifer-TF1法^[3])后的组织和在一种氨/甲胺气氛^[4]中进行气体氮碳共渗后的组织,对其强度性能的影响进行了讨论。

二、试验内容

每种试验都选用不同含碳量和含铬量的Ck15同Cf45非合金钢以及16MnCrS5同41CrS4合金钢以进行比较。通过调质、正火和软化退火来调整Cf45和41CrS4钢中的原始组织状态,使碳从均匀分布直至极不均匀分布。这些试样在570℃进行2~6h氮碳共渗。渗层组织根据每种组分的类型、成分、数量和分布以及表面硬度(HV₁₀)和渗层硬化深度(HV_{0.05})进行分析。

具有较硬表层组织和表层应力梯度的零件,适于用弯曲和扭转试验测定强度性能。这种试验采用了慢速(静弯试验)和快速(装卡的缺口冲击弯曲试验)两种加载速度。在静弯试验中,记录力-挠度曲线的同时,使用了声发射技术。

三、试验结果

1. 在盐浴和气体氮碳共渗后形成的组织

当渗氮条件,如温度、时间和从渗氮温度淬火或冷却的条件相同时,在所进行的试验中,氮碳共渗介质——液态和气态的物质对所形成渗氮层组织并没有影响。渗层组织仅与被渗原材料和其原始组织有关。

图1示出在不同氮碳共渗时间下化合物层和疏松区宽度的关系曲线，以此作为对组织分析的结果。每条曲线都是所有测量值的平均值通过回归绘制而得到的。

气体与盐浴氮碳共渗后，化合物层的厚度相同。气体氮碳共渗后渗层增厚的趋势并不突出。两种非合金钢所获得的化合物层厚度比两种Cr合金钢的厚。但这种差别只有在渗氮时间为6h时才较为明显。由于这种渗氮工艺形成明显宽大的疏松区，通常不被采用。

图2表示了当原始组织为正火组织时，渗氮硬化深度与渗氮时间的关系。这种关系证实了图1中得到的结果。渗氮硬化深度与渗氮时间近似地按 $\sqrt[3]{t}$ 的规律增加，渗氮方法对其没有明显的影响。

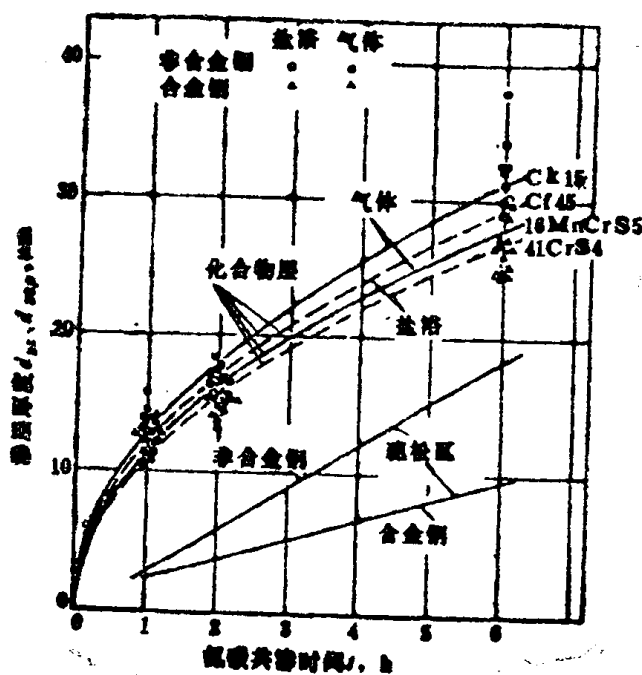


图1 在570°C盐浴和气体氮碳共渗后，在所试验的具有不同原始组织的钢中，化合物层厚度及疏松区厚度与共渗时间的关系

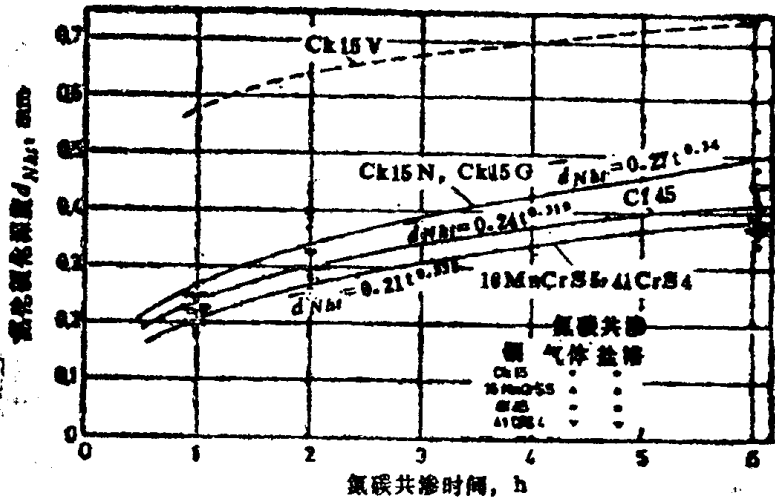


图2 具有正火原始组织的钢，在气体或盐浴氮碳共渗时氮化硬化深度与处理时间的关系
V—调质 N—正火 G—退火

2. 强度性能

缺口冲击弯曲试验结果（高应变速率）示于图3。在所试验的渗碳钢中，有一部分氮碳共渗后其冲击功降至非氮碳共渗组织的一半，而没有显示出渗氮方法的作用。在调质钢中，起决定作用的是原始组织。具有调质和软化退火组织的钢氮碳共渗后，冲击功只有很小的变化。而基体为正火组织时，氮碳共渗试样的冲击功大约在未处理试样的冲击值以下10%，氮碳共渗方法对此没有实质性的影响。这就是说，在冲击负荷下，基体组织与氮碳共渗表层组织结合的基体性能，决定了强度性能。

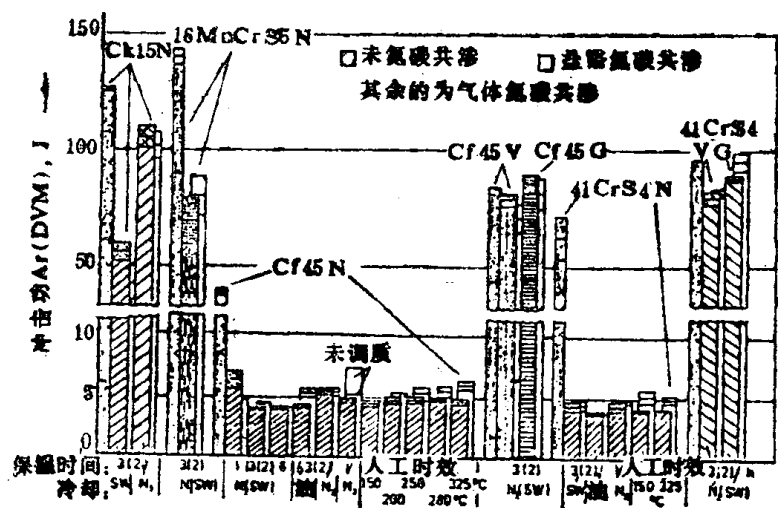


图3 具有不同原始组织的试验用钢，盐浴及气体氮碳共渗后，在缺口冲击弯曲试验中得到的缺口冲击功 A_v (DVM)
N—正火 V—调质 G—退火 Ol—油 SW—静止水

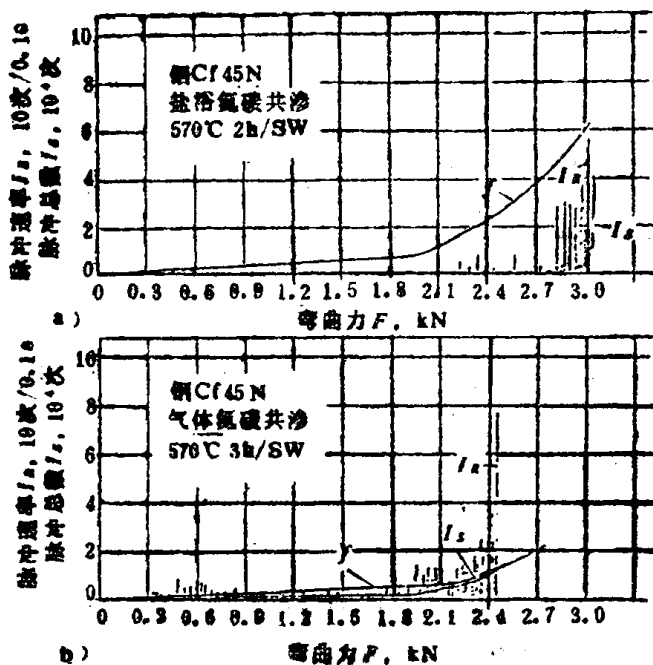


图4 由具有正火原始组织的Cf45钢制成的圆试样在静弯试验中的声发射记录
a) 盐浴氮碳共渗 b) 气体氮碳共渗
N—正火 SW—静止水

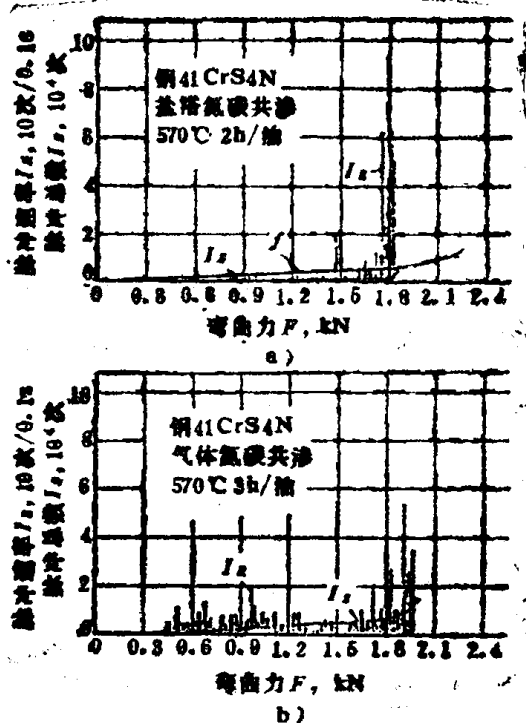


图5 由具有正火原始组织的41CrS4钢制成的圆试样在静弯试验中的声发射记录
a) 盐浴氮碳共渗 b) 气体氮碳共渗
N—正火

在所有的氮碳共渗法中，静弯试验（小加载速度）可较好地测得表层的性能，并将其区别开来。例如，图4和图5表示被测基体为正火组织的调质钢的声发射分析与所施弯曲力之间的关系。非合金钢盐浴氮碳共渗时，开始观察到声发射是在残余变形区，特别是在挠度较大时。类似的情况在盐浴氮碳共渗后的合金钢中也表现出来。其中有些也许因为高硬度的关系，在弹性挠度区也能观察到声发射。与此相反，在气体氮碳共渗的情况下，声发射明显增多，而且几乎在整个弹性挠度区都记录到声发射。在弯曲试样的表面所看到的裂纹与这种情况有相互联系（图6）。

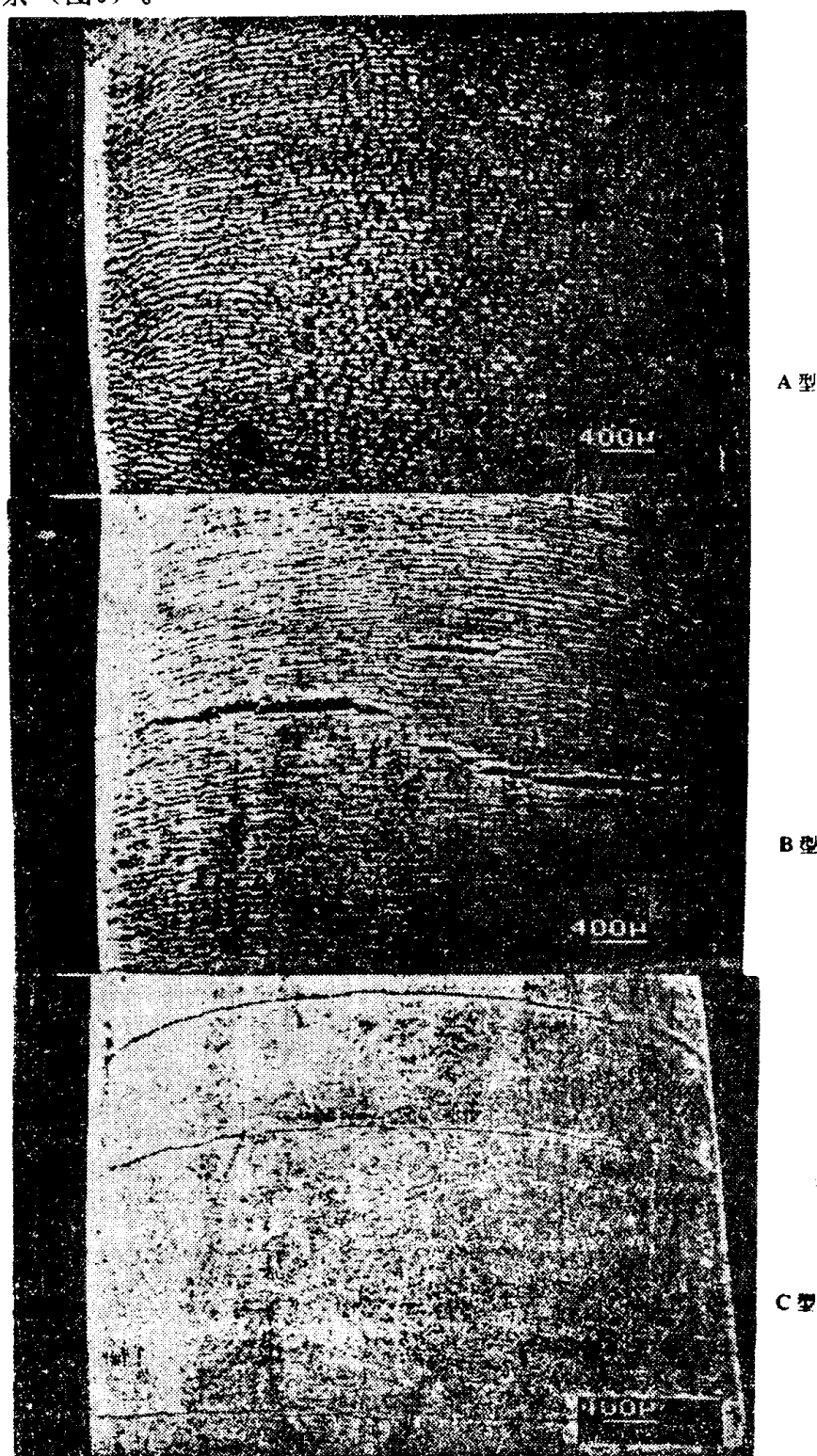


图6 裂纹形成后的弯曲试样表面

在盐浴氮碳共渗试样中,首先在化合物层中形成大量显微裂纹(图6中A型)。当烧度进一步增加时,这些显微裂纹导致产生一种主要为阶梯形式的宏观裂纹(图3中B型)。在气体氮碳共渗组织中,仅观察到C型宏观裂纹,而事先未形成显微裂纹。图7综合了声发射分析结果。图中对盐浴和气体氮碳共渗试样的各弯曲力进行了对比,在这种力的作用下,达到了一个任意假定的脉冲速率。在所有试验方案中,Cf45钢在盐浴氮碳共渗状态下,其承载能力明显更高,而在其它所有钢中,氮碳共渗方法的影响却表现得不明显。

图7 盐浴和气体氮碳共渗圆试棒在静弯试验中平均弯曲力的对比,
弯曲力一直加到声发射脉冲速率在100次/0.1s以下
N—正火 G—退火 SW—静止水

图9考虑到在图8中所包括的与原材料的不同硬度有关的各种影响。在该图中引入了开裂

图8 盐浴和气体氮碳共渗圆试棒在静弯试验中直至形成裂纹时的平均弯曲力的对比

N—正火 V—调质 G—退火 SW—静止水

图9 盐浴和气体氮碳共渗圆试棒在静弯试验中开裂负荷(产生裂纹时的弯曲力)与表面硬度(距表面0.05mm处)比值的对比

N—正火 V—调质 G—退火 SW—球止水