

機件設計手冊

[美] S. A. 歌雷登 編

國防工業出版社

锻件设计手册

〔美〕 S. A. 歌雷登 编
陆 索 等译

机械工业出版社

内 容 简 介

本手册根据美国金属协会出版的“锻件设计手册”译出。内容介绍了锻件的设计问题，列举了有关飞机、发动机、导弹、宇宙飞行器等一些实际生产的锻件，结合对零件性能的要求，从材料的选择、制造工艺、检验方法以及经济性分析等方面，来论证锻件的设计方案。

本着“洋为中用”的精神翻译出版这本手册，请读者结合我国的生产实际，用批判、分析的观点进行阅读。本手册可供锻造专业的工人、技术人员及设计人员参考。

FORGING DESIGN
HANDBOOK
S. A. Sheridan
AMERICAN SOCIETY
FOR METALS
1972

*

锻件设计手册

〔美〕S. A. 歌雷登 编
陆 索 等译

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张26 606千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷 印数：0,001—3,000册

统一书号：15034·1554 定价：2.70元

(限国内发行)

译者的话

《锻件设计手册》是根据美国金属协会于1972年出版的“FORGING DESIGN HANDBOOK”一书译出。全书共分十二章，头两章介绍了优质锻件所用材料的选择和材质的控制；第三章至第九章结合实例论述了航宇锻件的设计问题，如分模线和金属流线、模锻斜度、肋和凸台、内外圆角、腹板、凹腔和孔、毛边和切边等，每章均附有对锻件设计的检验项目；第十章讨论了尺寸公差；第十一章专门讲述了锻造方法对锻件质量的影响以及锻造设备；最末一章对飞机、发动机、导弹和宇宙飞行器锻件的一些实例进行了设计方案的论证和经济性分析。

但是我们必须看到：原书编者基于资产阶级的立场，在论证和分析设计方案、决定取舍的原则，突出了利润的观点；同时本书取材都是六十年代的产品；成本分析中的各项数据只能说明各宗费用的比例关系，而这种比例又是资本主义社会生产关系的反映；手册中对航空发动机零件举例较少，有些实例还有重复，尤其是在叙述上比较烦琐。

遵照伟大领袖毛主席“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”的教导，请读者本着“洋为中用”的精神，用批判分析的观点参阅此书。

参加本书翻译校对工作的按章节依次有陆索、吴世德、李成功、李训悌、王孝英、贺开运、王钧斌、刘建宇、王乐安、张守勇、李光远、宁玉成，最后由西北工业大学锻压教研室协助审校。在翻译过程中，对原文略有删节；为便于阅读起见，对原书中的英制单位作了公制的换算。限于译者的水平，译文中定会有不当甚至错误之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 材料选择	7
1. 材料的要求	7
2. 高强度钢	8
3. 钛合金	14
4. 铝合金	19
5. 耐热合金	20
第二章 材质的控制	25
1. 材质控制的实施	25
2. 保证质量的技术条件	26
3. 无损检验	38
4. 在生产过程中的材质控制	39
5. 设计人员对材质控制的检验项目	41
第三章 关于分模线和流线的设计问题	42
1. 流线和各向异性	42
2. 分模线、锻造平面和毛边	45
3. 分模线和无缝(无毛边)圆柱形锻件	45
4. 直分模线与折分模线	54
5. 分模线和模锻斜度	58
6. 分模线, 流线方向和载荷方向	58
7. 分模线和锻造工艺	59
8. 设计人员对分模线布置的检验项目	61
举例	62
第四章 关于模锻斜度的设计问题	77
1. 模锻斜度的类型	77
2. 模锻斜度的度量	79
3. 模锻斜度的大小(度)	81
4. 模锻斜度的大小(毫米)	85
5. 合理使用模锻斜度	85
6. 设计人员对模锻斜度的检验项目	91
举例	91
第五章 关于肋和凸台的设计问题	103
1. 肋和凸台	103
2. 带肋锻件中金属的流动	108
3. 肋和凸台的测量	111
4. 肋和凸台的设计参数	112
5. 实际锻件上肋的设计数据	115
6. 设计人员对肋的检验项目	121

举例	122
第六章 关于内圆角和外圆角的设计问题	133
1. 影响内外圆角尺寸的因素	134
2. 内圆角和外圆角对金属流动所起的作用	136
3. 从实际锻件获得的设计参数	139
4. 设计人员对内外圆角的检验项目	151
举例	152
第七章 关于腹板的设计问题	162
1. 无限制腹板和有限制腹板	162
2. 锻造腹板时金属的流动情况	165
3. 关于腹板的最小厚度和实际厚度, 推荐的极限值和取自实际锻件的数据	168
4. 腹板设计的工艺性	175
5. 设计人员对腹板的检验项目	178
举例	179
第八章 关于凹腔和孔的设计问题	190
1. 锤锻件和压力机锻件上的凹槽、凹腔及孔	190
2. 用挤孔(穿孔)法制造凹腔	193
3. 用挤压法制造凹腔	195
4. 设计人员对凹腔和孔的检验项目	195
举例	196
第九章 关于毛边和切边的设计问题	221
1. 毛边的作用	223
2. 毛边的控制	223
3. 毛边的工艺性设计	223
举例	224
4. 设计人员对毛边和切边的检验项目	233
第十章 尺寸和公差	235
1. 按工艺基准点和基准面标注尺寸	236
2. 公差的应用	237
3. 设计人员对尺寸和公差的检验项目	241
第十一章 锻造方法和锻造设备	242
1. 锻锤	242
2. 锻造压力机	243
3. 锤和压力机的能量	245
4. 锻造方法对性能的影响	249
5. 特殊锻造设备和锻造方法	250
第十二章 关于锻件设计的全面经济性分析	253
1. 锻件费用	253
2. 方案比较和价值分析	256
举例	258

锻件设计手册

〔美〕 S. A. 歌雷登 编
陆 索 等译

机械工业出版社

903578

内 容 简 介

本手册根据美国金属协会出版的“锻件设计手册”译出。内容介绍了锻件的设计问题，列举了有关飞机、发动机、导弹、宇宙飞行器等一些实际生产的锻件，结合对零件性能的要求，从材料的选择、制造工艺、检验方法以及经济性分析等方面，来论证锻件的设计方案。

本着“洋为中用”的精神翻译出版这本手册，请读者结合我国的生产实际，用批判、分析的观点进行阅读。本手册可供锻造专业的工人、技术人员及设计人员参考。

FORGING DESIGN
HANDBOOK
S. A. Sheridan
AMERICAN SOCIETY
FOR METALS

1972

*

锻件设计手册

[美] S. A. 歇雷登 编

陆 棠 等译

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/32 606千字

1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷 印数：0,001—3,000册

统一书号：15034·1554 定价：2.70元

(限国内发行)

译者的话

《锻件设计手册》是根据美国金属协会于1972年出版的“FORGING DESIGN HANDBOOK”一书译出。全书共分十二章，头两章介绍了优质锻件所用材料的选择和材质的控制；第三章至第九章结合实例论述了航宇锻件的设计问题，如分模线和金属流线、模锻斜度、肋和凸台、内外圆角、腹板、凹腔和孔、毛边和切边等，每章均附有对锻件设计的检验项目；第十章讨论了尺寸公差；第十一章专门讲述了锻造方法对锻件质量的影响以及锻造设备；最末一章对飞机、发动机、导弹和宇宙飞行器锻件的一些实例进行了设计方案的论证和经济性分析。

但是我们必须看到：原书编者基于资产阶级的立场，在论证和分析设计方案、决定取舍的原则，突出了利润的观点；同时本书取材都是六十年代的产品；成本分析中的各项数据只能说明各宗费用的比例关系，而这种比例又是资本主义社会生产关系的反映；手册中对航空发动机零件举例较少，有些实例还有重复，尤其是在叙述上比较烦琐。

遵照伟大领袖毛主席“对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”的教导，请读者本着“洋为中用”的精神，用批判分析的观点参阅此书。

参加本书翻译校对工作的按章节依次有陆索、吴世德、李成功、李训梯、王孝英、贺开运、王钧斌、刘建宇、王乐安、张守勇、李光远、宁玉成，最后由西北工业大学锻压教研室协助审校。在翻译过程中，对原文略有删节；为便于阅读起见，对原书中的英制单位作了公制的换算。限于译者的水平，译文中定会有不当甚至错误之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 材料选择	7
1. 材料的要求	7
2. 高强度钢	8
3. 钛合金	14
4. 铝合金	19
5. 耐热合金	20
第二章 材质的控制	25
1. 材质控制的实施	25
2. 保证质量的技术条件	26
3. 无损检验	38
4. 在生产过程中的材质控制	39
5. 设计人员对材质控制的检验项目	41
第三章 关于分模线和流线的设计问题	42
1. 流线和各向异性	42
2. 分模线、锻造平面和毛边	45
3. 分模线和无缝(无毛边)圆柱形锻件	45
4. 直分模线与折分模线	54
5. 分模线和模锻斜度	58
6. 分模线, 流线方向和载荷方向	58
7. 分模线和锻造工艺	59
8. 设计人员对分模线布置的检验项目	61
举例	62
第四章 关于模锻斜度的设计问题	77
1. 模锻斜度的类型	77
2. 模锻斜度的度量	79
3. 模锻斜度的大小(度)	81
4. 模锻斜度的大小(毫米)	85
5. 合理使用模锻斜度	85
6. 设计人员对模锻斜度的检验项目	91
举例	91
第五章 关于肋和凸台的设计问题	103
1. 肋和凸台	103
2. 带肋锻件中金属的流动	108
3. 肋和凸台的测量	111
4. 肋和凸台的设计参数	112
5. 实际锻件上肋的设计数据	115
6. 设计人员对肋的检验项目	121

举例	122
第六章 关于内圆角和外圆角的设计问题	133
1. 影响内外圆角尺寸的因素	134
2. 内圆角和外圆角对金属流动所起的作用	136
3. 从实际锻件获得的设计参数	139
4. 设计人员对内外圆角的检验项目	151
举例	152
第七章 关于腹板的设计问题	162
1. 无限制腹板和有限制腹板	162
2. 锻造腹板时金属的流动情况	165
3. 关于腹板的最小厚度和实际厚度, 推荐的极限值和取自实际锻件的数据	168
4. 腹板设计的工艺性	175
5. 设计人员对腹板的检验项目	178
举例	179
第八章 关于凹腔和孔的设计问题	190
1. 锤锻件和压力机锻件上的凹槽、凹腔及孔	190
2. 用挤孔(穿孔)法制造凹腔	193
3. 用挤压法制造凹腔	195
4. 设计人员对凹腔和孔的检验项目	195
举例	196
第九章 关于毛边和切边的设计问题	221
1. 毛边的作用	223
2. 毛边的控制	223
3. 毛边的工艺性设计	223
举例	224
4. 设计人员对毛边和切边的检验项目	233
第十章 尺寸和公差	235
1. 按工艺基准点和基准面标注尺寸	236
2. 公差的应用	237
3. 设计人员对尺寸和公差的检验项目	241
第十一章 锻造方法和锻造设备	242
1. 锻锤	242
2. 锻造压力机	243
3. 锤和压力机的能量	245
4. 锻造方法对性能的影响	249
5. 特殊锻造设备和锻造方法	250
第十二章 关于锻件设计的全面经济性分析	253
1. 锻件费用	253
2. 方案比较和价值分析	256
举例	258

第一章 材料选择

锻件材料的选择通常需要在某些对立的因素（例如，强度与韧性、抗应力腐蚀能力与重量、制造费用与有效承载能力、生产成本与维修费用等等）之间进行综合考虑。

在选材时还应考虑到熔炼过程、成型方法、机械加工工序、热处理过程、使用过程中性能的降低，以及所锻合金的一般机械性能和化学性能。

锻件结构材料首先是根据室温下的强度——屈服强度和抗拉强度选择的。对飞行器来说，更有意义的参数是单位重量的强度，通常叫做比强度。图 1-1 示出航宇锻造合金在室温下的比强度、铝合金比强度的提高和三十八年间新型合金的发展情况。

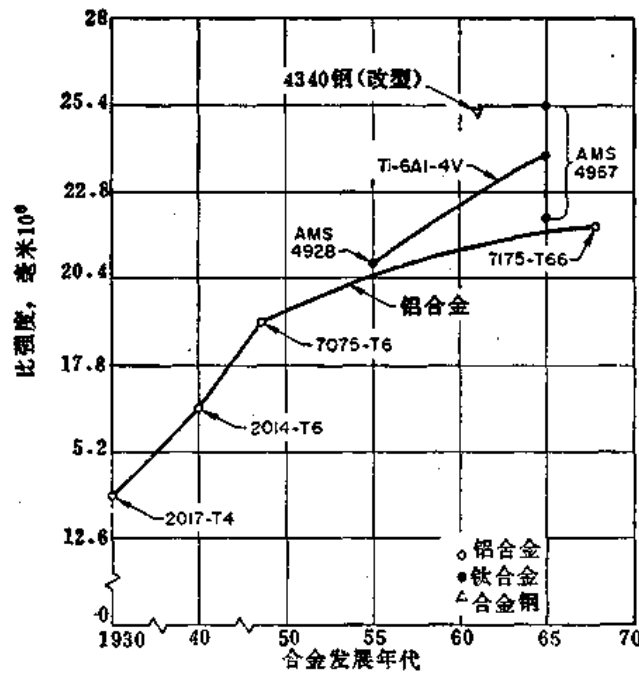


图1-1 38年间航宇材料室温比强度的发展

1. 材料的要求

锻件设计得合理便能够用最少的材料获得最高的性能，并满足受力情况、工艺性能和预期使用寿命的要求。由于重量影响飞行器的性能，所以合理的设计要求材料能在较大的应力下工作。

为使材料与所设计的锻件相适应，首先要看材料能否满足强度和韧性的要求，其次应看其对温度和环境的稳定性。至于是不是最合适的材料还要分析其工艺性，最后还要看其经济性如何。

对锻件的要求包括：

1 承载方式

(a) 单向载荷 分拉伸载荷和压缩载荷或工作状态下的交变载荷。

(b) 多向或复合载荷 分拉伸、压缩、剪切、弯曲、扭转和支承载荷。它们或者平行于中心轴线，或者与其成一定角度，在外形变化的部位应采用均匀过渡的转接圆弧，以减少应力集中。凡应力集中不可避免时，材料的缺口韧性通常是选材时的重要因素。

(c) 周期载荷 可以有高周载荷和低周载荷。

(d) 持续载荷 假如是拉伸载荷，可能加速应力腐蚀。过盈配合和残余应力会使持续载荷加大。

(e) 热载荷 这是由于温度变化所引起的。

2 载荷大小和加载状态

(a) 大小。

(b) 加载速度 渐增的或冲击的。

(c) 温度 应确定在那一种温度（最低、正常和最高温度）下积累的工作时间较长。

(d) 环境 包括大气凝结的循环周期，环境的化学成分，以及腐蚀、磨损、侵蚀或其他摩擦的情况。

3 特殊要求 特殊的机械、物理或化学性能要求。

4 预期寿命或可靠性 应确定包括停飞时间的使用寿命。返修可能性亦应加以考虑。

故障分析 为使材料性能满足要求，故障分析能提供很有用的资料。锻件可能在设计应力范围内工作时发生破坏。过早发生破坏的原因之一是临界设计应力与锻件的主要流线方向不一致（见第三章）。

随着使用时间的增长而造成材料性能的变坏，也可能引起预想不到的破坏。例如，甚至在典型的大气环境中，还会产生由于持续拉伸应力造成的应力腐蚀裂纹。在这种情况下，破坏多半出现在锻件上暴露了流线末端的部位（见第三章和第十二章例98）。

故障分析可能未包括提前破坏的其他原因，如晶粒过大，非金属夹杂物，因锻造方法不当而造成的回流缺陷[●]、铸造组织变形不足，以及由于机械加工出现过于尖的内圆角和装配时配合不良等而在无意中造成的应力源。

2. 高强度钢

高强度钢的比强度等于或超过高强度铝合金和钛合金的比强度。高强度钢日益广泛地用来制造航空结构锻件，如起落架零件、火箭壳体和机体接头。所谓“高强度钢”通常是指屈服强度大于 126.6 公斤/毫米^2 的钢。接近和超过这个强度的高强度钢，其合金元素的种类和数量均有很大的不同。合金元素含量的范围可以从钢重量的百分之几到高达三分之一左右。

除了马氏体时效钢以外，所有在工业上有重要用途的合金钢都是通过普通淬火的方法来强化的。加入合金元素是为了防止和延缓淬火时形成非马氏体显微组织。可能达到的最高强度由碳的含量来决定。

为了提高淬火的塑性和韧性，应在适当的温度下再加热一段较短的时间（回火）。淬

● 回流是锻件内部流线产生迂回现象的缺陷。——译者

火回火钢可以得到多种强度。譬如，淬火后的 4340 钢通过适当回火处理可以获得五种不同范围的抗拉强度：98.4/112.5, 112.5/126.6, 126.6/140.6, 140.6/154.7 或 182.8/196.9 公斤/毫米²。许多高强度钢都是以 4340 钢为基础发展而来的。小的或轻的锻件也可以由 4340 钢生产，但是飞机骨架上要求强度高的大型锻件往往用 4340 钢或添加了其他元素的 4340 钢来制造，通常是在 4340 钢中添加硅 (1.45~1.80%) 和钒 (>0.05%) 来提高强度和韧性 (MIL-S-8844C 类)。

D-6ac (一种含有碳铬钼钒的淬透性大的钢 (见 AMS 6431) 通常是采用一般的淬火和回火的方法来加以硬化。试验表明，D-6ac 通过形变热处理 (奥氏体成形)，能同时得到高的强度和韧性 (见技术报告 AFML-TR-66-276, 1966 年 9 月)。

当钢中合金元素的含量远超过 4340 钢中的含量时，可用空冷代替液淬来硬化。较慢的冷却速度比油淬或水淬容易控制变形和残余应力。5Cr-Mo-V 这种高强度钢 (一种改变过成分的 H11 铬热作模具钢) 就是一例。

为了在保持高强度的条件下提高韧性，而发展了一种含 9% 镍和 4% 钴的钢，其热处理取决于碳的含量。对含碳 0.2~0.3% 的钢，其热处理是油中淬火随后冰冷处理，再作两次回火。这种处理得到的显微组织是回火马氏体。对含 0.45% 碳的钢建议采用奥氏体等温转变以得到一种贝茵体的显微组织，这种组织在一定强度条件下通常要比马氏体的韧性高些。无论含碳量多少，9Ni-4Co 钢在具有高强度的同时，其韧性都比低合金钢为高 (技术报告 AFML-TR-68-57, 1968 年 3 月)。

马氏体时效钢是唯一的一种强度主要不取决于含碳量的高强度钢。这种钢的热处理系由奥氏体区域冷却下来，以形成含碳量仅约为 0.02% 的铁镍马氏体，再通过时效硬化沉淀出金属间相来。所形成的低碳马氏体很软，易于机械加工。经过时效处理并不发生任何明显的尺寸变化，所以锻件可在软的状态下进行精加工。含 18% 镍的 300 类马氏体时效钢，不仅具有最高的强度，而且其韧性也比低合金钢为佳。

在需要高强度和耐腐蚀时，可使用不锈钢。马氏体、可时效硬化的马氏体和半马氏体之类的不锈钢用于小型锻件。依靠冷加工来硬化的奥氏体不锈钢，不用作要求高强度的锻件。下面所讨论的仅限于具有高强度的 (即比强度高) 的合金钢，但不包括不锈钢。

熔炼 高强度钢对非金属夹杂物特别敏感，因为这些夹杂物会引起应力集中，从而降低断裂韧性和有关塑性的数值。为了减少非金属夹杂物的含量，高强度钢往往是经过真空重熔的，即首先使钢经过电弧炉非真空熔炼，并用铝和硅脱氧，浇铸成做自耗电极的铸锭，待其冷却并经清理之后，再经过真空自耗电极电弧炉重熔。然后将二次重熔的铸锭轧成一般轧材 (包括棒和坯)，而后再锻造，并热处理至高的强度。

真空重熔的优点示于图 1-2。对热处理至抗拉强度 197~218 公斤/毫米² 的 H11 钢的大型毛坯的横向塑性来说，真空自耗电极重熔的比非真空熔炼的就有很大的改善。断面收缩率可由原非真空熔炼的 7~12% 增大到 22~35%。高倍检验证明，真空熔炼的非金属夹杂物确有所减少。气体分析表明，氢的含量由 0.0003~0.0006% 降低到 0.00006~0.0001%，氧由 0.002~0.0075% 降到 0.0009~0.0025%，氮由 0.005~0.03% 降到 0.0015~0.004%。由于真空重熔的气体和夹杂物含量较少，所以拉伸试验表明其塑性有所提高。此外，真空重熔钢具有较高的均匀性，所以，真空重熔钢不仅能减少非金属元素和气体的含量，而且

能使金属合金元素得到比较均匀的分布(偏析较轻)。

钢的真空重熔也能改善脱氧作用。在真空炉中,碳是极好的脱氧剂,脱氧产物一氧化碳在真空下可以不断地被排除掉。在非真空熔炼的电炉中,一般是用铝和硅脱氧,所产生的固体氧化物常变成不希望有的夹杂物。因此,准备在真空重熔时用碳脱氧的钢,在电炉中非真空熔炼时,就不必脱氧;而是使钢在硅、锰含量少的所谓“沸腾”或“半镇静”状态下浇注。当在真空下重熔非真空熔炼的电极并用碳脱氧时,可有效地改善成品的纯度。

对锻件所作的试验表明,用碳脱氧的真空自耗重熔钢的韧性有所提高。图1-3示出不同脱氧方法对屈服强度在140~176公斤/毫米²的钢的韧性的影响。图中的韧性是用名义缺口强度表示的。试验炉批的9Ni-4Co-0.45C高强度钢使用了如下三种熔炼工艺:

1. 按航空质量要求在非真空电炉中熔炼,并用铝和硅脱氧。
2. 按航空质量要求在非真空电炉中熔炼,并用铝和硅脱氧,然后在真空自耗电弧炉中重熔。
3. 按航空质量要求在非真空电炉中熔炼,不进行脱氧,然后在真空自耗电弧炉中重熔,并在真空炉中用碳脱氧。

这些试验炉批表明,在用铝和硅脱氧的非真空熔炼与随后又进行真空重熔的两种工艺之间,并没有什么本质差别,但用碳脱氧的真空重熔钢却具有较高的缺口强度。缺口强度是沿流线的纵向测定的。试验用的是在中心钻孔处通过疲劳产生预裂纹的4.6毫米厚的板状试样。当屈服强度为158.7公斤/毫米²时,硅脱氧炉批的缺口强度仅为56.3公斤/毫米²,而用碳脱氧炉批的则为112.5公斤/毫米²。

表1-1示出很多炉批非真空熔炼的4340钢和真空重熔并用碳脱氧的9Ni-4Co-0.45C钢的平均静拉伸性能。从统计数字可以看出,同样强度级的9Ni-4Co-0.45C钢其延伸率却更高一些。

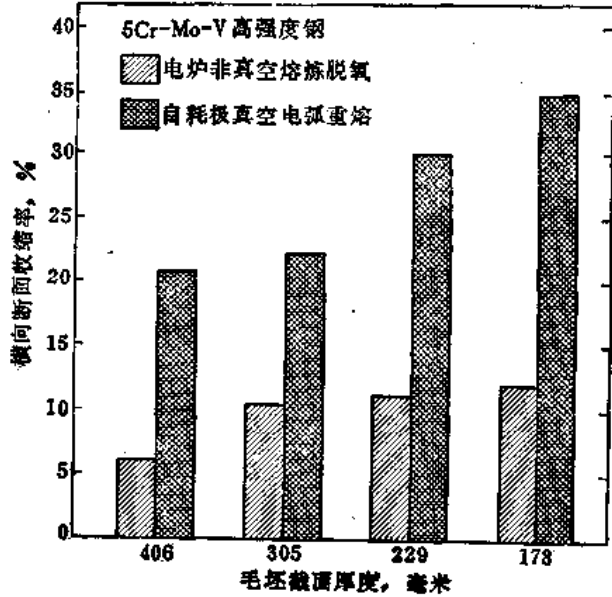


图1-2 熔炼方法对横向断面收缩率的影响, 试样是从抗拉强度为196.6~218.0公斤/毫米²的H11(5Cr-Mo-V)钢的毛坯上切取的

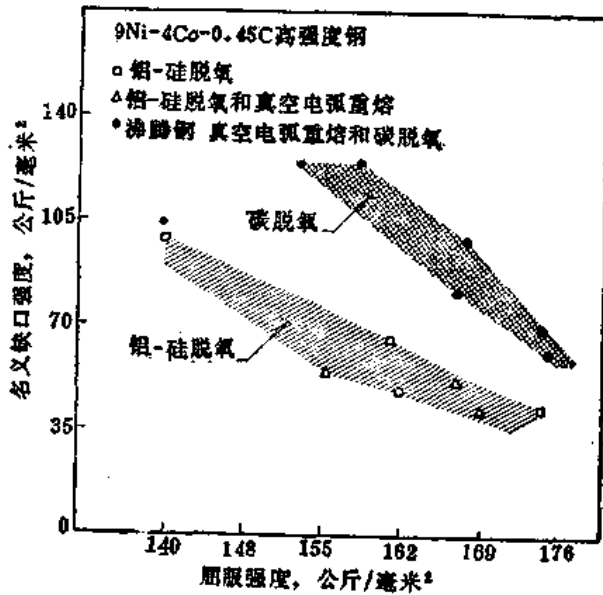


图1-3 脱氧工艺对9Ni-4Co-0.45C钢的屈服强度和缺口强度的影响

表1-1 非真空熔炼的4340钢和真空重熔的9Ni-4Co-0.45C钢的机械性能(a)

符 号 (b)	4340钢(c)		9Ni-4Co-0.45C(d)			
	L	T	L	LT	ST	L-LT-ST
	试 验 次 数					
N	301	483	14	15	14	43
	抗 拉 强 度, 公斤/毫米 ²					
$\frac{A}{\bar{X}}$	183.5	182.1	—	—	—	183.1
\bar{X}	190.4	192.0	191.7	190.6	193.4	191.9
S	2.7	4.15	3.07	3.20	2.1	3.1
	屈 服 强 度, 公斤/毫米 ²					
$\frac{A}{\bar{X}}$	150.4	144.4	—	—	—	148.9
\bar{X}	156.9	160.3	159.0	158.3	161.5	159.6
S	2.7	6.2	4.4	7.3	3.4	5.3
	延 伸 率, %					
$\frac{A}{\bar{X}}$	—	—	—	—	—	7.5
\bar{X}	9.6	7.3	—	—	—	11.3
S	2.16	1.97	—	—	—	—

(a) 钢热处理到最低强度182.8公斤/毫米²。

(b) N = 试验次数; A = 99%分布域的下限; \bar{X} = 算术平均值; S = 标准偏差。L = 纵向; T = 横向; LT = 长横向; ST = 短横向; L-LT-ST = 综合试验结果。

(c) 试样是从直径为25.4毫米的棒材到203×203毫米带圆角的方形毛坯上切取的, 然后粗加工、热处理、精加工和试验。

(d) 试样是从锻坯和锻件余料上切取的, 然后粗加工和热处理成贝茵体状态, 精加工和试验。毛坯和锻件的截面最大尺寸约为76.2毫米。(技术报告AFML-TR-68-57, 1968年3月)

疲劳强度 图1-4列出几种高强度钢的疲劳强度。这些钢都是经真空电弧重熔的。图1-4(a)中的板状试样是从截面为76.2×228.6毫米的毛坯上切取的, 所有试验均代表长横向性能。疲劳试验是轴向的, 其应力比(即周期不对称系数)R为0.06和缺口集中系数K, 为2.5。试验结果如图1-4(b)窄狭的阴影带所示, 在周数为10⁶时, 所有钢的疲劳强度在31.6~38.7公斤/毫米²范围内变化。此值相当于自同一毛坯上所取的试样的抗拉强度由153.9至199.0公斤/毫米²和屈服强度由132.2至168.7公斤/毫米²的变化。

韧性 在高强度钢中, 高强度的获得是通过降低塑性的方法实现的。为满足高强度钢锻坯和锻件的塑性和韧性要求而进行的最普通的机械性能试验有如下两种:(1) 横向拉伸试样的断面收缩率和延伸率试验;(2) 在锻过的材料上所切取的标准试样和预裂纹试样上所进行的夏氏冲击韧性试验。

这些试验虽然能在相当的程度上给出塑性和韧性的数值, 但却不能给设计人员确切地指出关于材料在复合载荷作用下抵抗塑性变形的能力。在应力状态接近液体静力拉伸状态的情况下, 即便是塑性很高的合金也可能出现脆性方式的断裂。材料内的缺陷或裂纹常常会产生此种复杂的应力状态。根据材料及其相应强度的不同, 对于会使裂纹扩展的特定应力需要定出“临界裂纹长度”或“临界缺陷尺寸”。此种临界裂纹长度的数值随高强度钢的发展而减小。当高强度钢存在有显微缺陷、裂纹, 以及其他局部应力集中时, 即便基体金属有足够的塑性, 也可能产生脆裂或灾难性的破坏。