

低合金高强度钢

刘嘉禾主编 黄桂煌等译

中国工业出版社

这本文集除一篇前言外，共包括十一篇譯文。是从近几年国外所发表的有关文献中选譯的具有代表性的文章。第一篇綜合性文章介紹低合金高强度鋼的发展历史、鋼种沿革、各类鋼种的特点、对基本性能的要求及合金元素在鋼中的作用等。另五篇比較全面地介紹了苏联、美国、英国、德国和日本低合金高强度鋼的概况、各該国著名鋼种的特点、目前生产使用情况和發展趋势。最后五篇是关于典型鋼种的技术論文（其中有四篇介紹鉄素体/珠光体类型和馬氏体类型鋼，一篇介紹貝茵体类型鋼）。

本文集主要供冶金、机械制造部門、金屬材料研究部門广大工程技术人員閱讀，对有关大专院校师生亦有參考价值。

低合金高强度鋼

刘嘉禾主編 黄桂煌等譯

冶金工业部图书編輯室編輯（北京鑄市大街78号）

中国工业出版社出版（北京德勝門外大街10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本787×1092¹/₃₂·印张12⁵/₈·插頁5·字数214,000

1963年8月北京第一版·1963年8月北京第一次印刷

印数0001—1,920·定价（10—6）1.70元

統一書号：15165·2202（冶金-316）

前 言

低合金高强度鋼虽然从十九世紀七十年代就开始在工业中使用，但是由于当时需要不迫切、生产制造技术較落后以及它本身存在着的成本高、性能不完善等缺点，一直到最近几十年才为人們所重視，特别是最近十来年才得到了很大的发展。这种鋼的产量逐年在上升，品种亦在不断地扩大，現在已成为应用面极广、使用数量很大的一类鋼种。

低合金高强度鋼由于目前正处在发展阶段，因此还没有一个統一的名称和确切的定义。由于国家、工厂和作者的不同，名称也互不一致，从发表的資料文献看来，有高强度低合金鋼、低合金結構鋼、高强度鋼、可焊接高强度鋼等几十种之多。有关低合金高强度鋼过去虽給下过一些定义，但有的現在已不适用，有的一直未被大家所公认。但是为了对它有个輪廓概念，一般地可以这样說，凡是合金元素总量在5%以下、屈服强度比碳素鋼鋼3大50%以上、具有良好的焊接性和耐腐蝕性能，并通常以型、带、板、管等鋼材形式直接供使用的大量生产的鋼可称之为低合金高强度鋼。显然这个定义是不全面的，某些特点和使用情况沒有包括进去，因此仅可作为一个大致的概念来理解。

低合金高强度鋼的品种很多。如按鋼的組織来划分，大致可分为铁素体/珠光体型、貝茵体和馬氏体型三大类。如按屈服强度等級来划分，可分为屈服强度大于35、40、45、50及60公斤/毫米²以上五类。如按使用合金元素来划分，可分为一元、二元、三元及多元素等四类。如按用途来划分，种类极多，主要的有桥梁建筑用、造船用、車輛用、化工石油管道容器用、运输及起重机械用等等。

关于对低合金高强度鋼性能的基本要求，因用途不同而異，其性能指标高低又随鋼材的品种、厚度和供应状态的不同而有具体規定。一般地說低合金高强度鋼除了要有高强度外，还应有良好的焊接性、耐腐蝕性、加工成型性、較高的室溫及低溫冲击韌性、較低的时效敏感性和良好的工艺性能。

低合金高强度鋼的应用范围很广。最初从建造桥梁开始，后来逐渐推广到建筑結構、船舶制造、車輛制造以及其他如起重运输設備、农业机械、化工石油等各方面。由于它不仅强度高，而且綜合性能好，既可节约金属，降低造价，又能提高使用寿命，滿足特殊要求，所以低合金高强度鋼的使用范围还在不断扩大。

根据初步收集的資料，世界各国的低合金高强度鋼种将近两百种，軍用和未公开的尚未包括在內。当然这些鋼种有的已被淘汰，有的大同小異，实际上常用的不过二三十种。低合金高强度鋼与其他鋼类不同，它的发展与各国資源特点密切相关。随着資源的变化及其研究的进展，各国都在以其富产元素为基础，向着发展性能更好、合金元素的利用更加节约和合理的新鋼种的方向而努力。看来微量多元素是个值得注意的发展方向。

低合金高强度鋼的生产工艺較其他合金鋼类简单，可在平炉、电炉，甚至轉炉中熔炼。虽然在冶炼、加工和热处理等方面不像高合金鋼要求那样严格，但也应認真贯彻优质鋼的各种技术規程和操作制度。应保証质量和性能均匀穩定，以充分發揮鋼的潛力，滿足使用要求。相反，任何疏忽大意都会造成大量废品。关于低合金高强度鋼的世界各国年产量尚未查到确切的公布数字。由于統計分类关系，各国鋼产量中沒有把这类鋼单独列出。另外像美国的統計資料，仅系外售

的一部分，而公司内部直接做成产品使用的数量没有包括在内，不能真实反映生产水平。但可以肯定的一点是，低合金高强度钢在合金钢的年产量中占有很大的比重。

上面简单地介绍了低合金高强度钢的概略情况。为了使对这类钢有兴趣的同志能有进一步的了解，我们查阅了最近几年有关这方面的文献资料并选择了十一篇具有代表性的文章，加以翻译并汇编成这本文集，供作调查研究和学习之参考。

第一篇文章比较系统地介绍了低合金高强度钢的发展历史、钢种沿革、各类钢种的特点、对基本性能的要求以及几个常用元素在低合金高强度钢中的作用等。另外有五篇文章比较全面地介绍了苏联、美国、英国、德国和日本低合金高强度钢的概况、各该国著名钢种的特点、目前生产使用情况和发展趋势。除了上述六篇综合性的文章以外，又选择了五篇典型钢种的技术论文，两篇介绍铁素体/珠光体类型的，一篇介绍贝茵体类型的，两篇介绍马氏体类型的。这些钢种都是比较著名的，并且具有一定的代表性，对于深入了解这些钢种的特点，具有一定的参考价值。

参加这本文集翻译的有黄桂煌、刘光仁、李璧光、李秉权、李企明、姚城及刘福魁等同志；参加校对的有秦森、吴宝榕、知水、赵先存、刘福魁及刘嘉禾等同志。在组织选材，翻译和校阅方面王祖滨和黄桂煌两位同志作了很多工作。另外孙珍宝和高丕琪两位同志对其中两篇的译稿也提出了宝贵意见。由于我们水平所限，时间又较仓促，错误之处在所难免，尚希读者批评指正。

刘 嘉 禾

1962.6.

目 录

前言	
低合金鋼的生产及其性能	1
低合金高強度鋼的生产	96
屈服強度最低为28—70公斤/毫米 ² 的高強度結構鋼	123
可焊接的高強度鋼	149
大型結構用較高強度鋼	184
焊接結構用高強度鋼生产技术及其应用的发展	207
着重于屈服強度的 St52 結構鋼在民主德国的发展	236
低合金高強度板鋼	260
高強度可焊接鋼	268
用于压力容器的一种淬火及回火鋼的性能及特征	314
用于船舶結構的淬火及回火鋼	361
世界各国低合金高強度鋼鋼种表	380

低合金鋼的生产及其性能

И. М. Лекин 和 В. Г. Чернашкин

一、低合金高强度鋼生产的发展

將鋼划分为碳素鋼和合金鋼大致上已被确定。

例如，某些作者將这样的鋼——在其成份中，除含有鉄和碳外，特別加入普通碳素鋼中所沒有的合金化学元素，或者提高（与正常含量相比較）合金元素(Mn, Si)的数量——确定为合金鋼。

另一作者认为，所謂合金鋼，或者特殊鋼，乃是这样的鋼，它除了含鉄、碳和为了生产技术所需的正常数量的硅（达0.5%）和錳（达0.8%）以及不可避免的磷和硫等夹杂外，还含有某种特殊的元素（鉻、鎢、鉬及其他）；如果鋼的含硅量在0.5%以上，或者含錳量在0.8%以上，則这样的鋼也称为合金鋼。

但是，在合金鋼与低合金鋼，以及低合金鋼与碳素鋼之間，明确划分的概念是不存在的。直到現時，还没有一定的标准，可以根据这种标准將某种含有多种合金元素的鋼划分为这一类或那一类。

絕大部份所熔炼的碳素鋼均含有合金元素，有时数量甚至很大，因为这些元素(Cr、Ni、Cu和其它)或多或少地存在于废鋼中。例如，在以威少格高尔矿石炼的生鉄为原料的工厂所熔炼的碳素鋼中，含銅量达0.5%，甚至高于0.5%。碳素鋼中的含錳量常达0.3%和0.3%以上。同时，属于低合金类的某些鋼，則含有4—5%的各种合金元素。例如，

許多作者，將具有下列实际合金元素含量的鋼种視為低合金鋼： $\leq 1.5\% \text{Si}$ ； $0.3-1.65\% \text{Mn}$ ； $0.2-1.5\% \text{Cr}$ ； $0.3-5.25\% \text{Ni}$ ； $\leq 1.0\% \text{Mo}$ ； $\leq 1.5\% \text{Cu}$ ； $\leq 0.20\% \text{P}$ ； $\leq 0.2\% \text{V}$ 和 $\leq 0.15\% \text{Ti}$ 。

在許多其他文献中，則將低合金高强度鋼确定为特殊的鋼类。在这些鋼中，較高的机械性能和在大多数情况下良好的抗大气腐蝕性能，是借助于添加适量的一种或若干种合金元素而得到的。

有一位作者建議用下列的方式来划分合金鋼：主要合金元素在2%以下，或者各种合金元素的总量为3—5%的鋼称之为低合金鋼；当主要合金元素的含量达5%，和合金元素的总量达8—10%时，称为中合金鋼；当合金元素的含量更高时，称为高合金鋼。

另一作者將合金元素总含量不超过2%，或者在热处理状态下使用，或者直接在热加工（軋、鍛）后不进行补充热处理即使用的鋼划分为低合金鋼。

但是本文作者认为，將鋼划分为低合金鋼与否，不仅应当依据鋼的合金含量（合金元素总量达4—4.5%），而且还应当根据鋼的用途及物理机械性能来决定。例如，应当將在热軋状态下具有不低于33公斤/毫米²的屈服强度的鋼划分为低合金高强度建筑鋼。

低合金高强度鋼在上一世紀就已經出現了。在1870年，跨度为158.5米的桥梁的拱形桁架就已經采用了含0.64—0.95% C；0.056—0.19% Si；0.18—0.23% Mn 和 0.54—0.68% Cr 的鋼来制作，其强度极限为80—100公斤/毫米²。在此以后，沒有采用这一类型的鋼做为建筑鋼，因为这种鋼的抗腐蝕性能不足，需要进行热处理，并且难于經受机械加

工。

技术的进展、构筑物尺寸的增大和与此有关的对高机械性能的鋼的需要，引起了低合金鋼生产的扩大。在許多情况下，普通碳素鋼 Cr.3 已經不能滿足对建筑用鋼的质量提出的日益增长的要求。鋼 Cr.3 的塑性比較高，但强度极限和屈服极限相当低。用增加碳含量的方法来提高碳素鋼的强度，并不能解决問題，因为增加碳含量，会降低鋼的塑性和韌性。此外，在建筑結構中日益广泛地采用焊接，由于碳的含量对可焊性产生不利的影響，故鋼中的含碳量也受到限制。

低合金鋼生产发展的初期(約在本世紀的二十年代以前)的特征是，差不多毫无例外地生产和采用一种元素 (Mn、Ni、Si 和其他) 合金化的鋼。在这些鋼中，合金元素的百分含量相当高。通常，这些鋼含碳在 0.20% 以上，这样，鋼中的碳就成为牺牲鋼的塑性而提高它的强度性能的一种手段。

随着结构的加重和从铆接結構过渡到焊接結構，对建筑用鋼的要求，主要是在提高其塑性和降低对淬火和时效的敏感性方面的要求提高了。对耐腐蝕性能方面的要求也提高了。用单一元素合金化、并具有較高碳含量的鋼已經不能滿足所有这些日益增长的要求。因此，从廿年代开始，就出現了向更复杂的多元素合金化鋼过渡的某些趋势。从开始添加一种，然后添加两种合金元素的高强度低合金鋼，轉变到添加三种、四种，甚至六、七种合金元素的鋼。在許多情况下，这就使得能生产出各种鋼，它更加完滿地符合于現時对一定用途的金属所提出来的要求。

与使鋼的成份复杂化的同时，还在降低鋼中的碳含量。現在，高强度低合金鋼的主要类型是低碳的、多元素的鋼，

它的含碳量通常不超过 0.18—0.20%。在較高磷含量的鋼（在最近获得极为广泛应用的一种类型的鋼）中，碳含量仍然限制在更低范围内——0.10—0.12%。

下面將討論各种类型的低合金鋼。

1. 单元低合金鋼

鎳 鋼

鎳鋼大約从 1885 年开始使用。在 1895 年，曾經用 3.5% 的鎳鋼建造了俄国的“鷹”号驅逐艦。此种鋼的强度特性如下：强度极限 60—65 公斤/毫米²，屈服极限在 36 公斤/毫米²以上，延伸率大于 18%。从此时起，俄国和其他各国开始广泛地采用鎳鋼来修建各种軍用艦艇。稍后，开始使用强度极限約为 70 公斤/毫米²的 3.5% 鎳鋼来建筑大跨度的桥梁。

例如，在 1903 年曾經采用鎳鋼来建造大型的 5 跨桥的桥弦。最大跨距长达 362 米。鋼具有如下的机械性能：强度极限 70.2 公斤/毫米²，弹性极限 38.7 公斤/毫米²，延伸率 15—18% 及疲劳极限 30 公斤/毫米²。

在建造另一跨度为 448 米的桥梁时（1900—1906 年），用于刚性桁架的弦杆和格桁的全部板材均用鎳鋼制造。当时所使用的鎳鋼的数量为 8100 吨，为全部金属重量的 19%。

1907 年，在建造大尺寸的桥梁时，由于使用这种鋼，使得金属结构的重量从 65300 吨降至 47200 吨，即約降低 28%。

在 1908—1909 年，在修建一座大型桥梁时，桥跨结构完全用鎳鋼制成。这就有可能将各个单跨的长度延长到 206 米。梁式桁架的下弦用下列成份的鎳鋼制造：0.25% C，0.17% V，1.25% Ni，1.20% Cr 和 0.32% Mn。这种鋼的强

度极限在 68 公斤/毫米² 以上，弹性极限为 56.6 公斤/毫米²。

在这些年代里，曾經采用镍含量更低——2—2.5% 代替 3—3.5% 的镍鋼来修建跨度不大的桥梁。此鋼的机械性能的特点如下：强度极限为 56—65 公斤/毫米²，屈服极限 35 公斤/毫米²，延伸率为 18%，疲劳极限为 28 公斤/毫米²。

对于建筑用的镍鋼来說，已經制訂了下列的技术条件：化学成份——不多于 0.45% C；0.7% Mn；不低于 3.25% Ni；机械性能 $\sigma_s \geq 35$ 公斤/毫米²， σ_b ——54—64 公斤/毫米²， $\delta \geq 18\%$ ； $\psi \geq 40\%$ ； $a_k \geq 40-60$ 呎-磅。

在 1909—1910 年，奥布哈夫斯克工厂曾根据第一类鋼的标准（强度极限 60—78 公斤/毫米² 及屈服极限不低于 36 公斤/毫米²）供应俄国造船工厂以 2—3% 的镍鋼。应当指出，俄罗斯曾經是使用高强度鋼的头一个海軍强国。

近来，由于镍的成本高和資源稀缺，镍鋼已很少用作建筑用鋼，而主要是用于建造船舶，建造桥梁，以及用于在低温下工作的构筑物 and 需要具有較高的疲劳极限和較高韧性的金属的构筑物。含 2.0—2.5 和 3.0—3.5% Ni 的镍鋼应用最广。特别是法国和意大利在建造軍用舰艇中，使用这种鋼来制造高应力系杆和結構。

碳含量对 3.5% 的镍鋼的机械性能的影响載于表 2—1。
含 2—2.5% Ni 的鋼的机械性能載于表 2—2。

在可焊接的镍鋼中，当 Ni 含量为 2% 时，碳含量不应超过 0.20%；当 Ni 含量为 3.5% 时，不应超过 0.12%。

在碳的含量較高的情况下，对于 3.5% 的镍鋼来說，热影响区的最大硬度达 600H_s。当含 0.2% C 和 3% Ni 时，热影响区的硬度达 380H_s，这将促使形成裂紋。当焊接受有应

力的试样时，在含 0.14% C 和 2.29% Ni 的鋼中沒有发现裂紋。如果預热至 200°，則含 3% Ni 的鋼，当碳含量达 0.27% 时也可以进行焊接。

碳含量对 3.5% 的鎳鋼的机械性能的影响 表 2-1

碳含量 %	板厚 毫米	屈服极限 公斤/毫米 ²	强度极限 公斤/毫米 ²	延伸率 %	断面收缩率 %
0.20	12—38	37—42	56—63	25—27	50—58
0.26	12—38	40—46	57—67	24—33	46—51
0.30—0.32	12—38	43—46	67—72	24—33	44—47
0.40	38	51	77	21	44

2.5% 的鎳鋼的化学成份和机械性能 表 2-2

板厚 毫米	化学成份 (%)				机械性能			
	C	Si	Mn	Ni	σ_s 公斤/毫米 ²	σ_b 公斤/毫米 ²	δ %	ψ %
10	0.21	0.15	0.60	2.07	39.7	57.0	26.0	54.3
12	0.26	0.14	0.76	2.46	38.9	62.3	23.0	48.8
18	0.29	0.26	1.09	2.01	47.0	74.7	17.8	37.4
40	0.24	0.24	0.70	2.35	39.9	64.3	21.0	—

鎳鋼的抗腐蝕性能 (Л. С. Гинцбург) 表 2-3

鋼的类型	重量損失 (克/米 ²)				
	第 1 年	第 2 年	第 3 年	2 年內	3 年內
碳素鋼 (0.08% C)	116	200	233	316	549
碳素鋼 (0.11% C)	131	208	225	339	564
鎳鋼 (3.68% Ni)	65	125	144	190	334
鎳鋼 (3.02% Ni)	32	134	193	166	359

从表 2-3 的数据可以看出，鎳鋼具有較高的抗大气腐蝕的能力。

在修建某些桥梁时，曾使用含 0.28—0.31% C, 1.0—1.10% Mn, 0.25—0.30% Si, 2.0—2.1% Ni 的镍锰钢来代替镍钢。这种钢具有如下的机械性能：屈服极限不低于 34.0 公斤/毫米²，强度极限 51.0—62.0 公斤/毫米²；延伸率(L=10d)不低于 18%，断面收缩率不低于 40%。

硅 钢

含 Si 达 1.25% 的这种类型的钢在 20 世纪初期就已经被推荐了。在 1907 年修建各种横渡大西洋的船只时，采用这种钢就大大地减轻了这些船只的船身重量。但是这种钢没有得到推广。

在二十年代时曾经试图恢复硅钢的生产。由于广泛地进行宣传，这种钢获得了普遍的推广。例如，在这一时期曾经采用硅钢来修建若干桥梁，其中如修建长为 110 米，净跨各为 52.5 米的两跨桥梁。但是就在这一次，硅钢的生产很快地就被取消了。

硅钢具有许多良好的性能。例如，一系列的研究表明，当强度极限相同时，硅钢的塑性和韧性比碳素钢的相应的性能高 5%，而弹性极限高 25—30%。硅钢的疲劳极限也很高。

仅仅用硅合金化的低合金钢的应用所以受到很大的限制，主要是在于制造这种钢时碰到了工艺上的困难，和硅钢的性能对生产硅钢的各种工艺因素有着巨大的敏感性。由于钢的硅含量高而导致产生很深的缩孔，因此，必需增大钢锭的切头，从而降低了合格钢材的成品率。硅钢对于加热制度是很敏感的。当加速加热钢锭或坯料时，就有可能发现裂纹。在终轧温度较低的情况下，硅钢抗变形能力较大，使得薄板

和大断面板材的軋制复杂化，而硅鋼的彈性較高又使矫直发生困难。除此之外，硅鋼的某些机械和工艺性能也不能令人滿意。

这种鋼在軋制状态的机械性能，在很大程度上取决于开軋和終軋的溫度、变形程度和軋制后的冷却速度。这样，硅鋼的屈服极限和强度极限就随着板材厚度或型鋼断面的增大而显著降低，因而为了調整性能，就必需进行热处理。

自1910年—1915年，許多国家将大量含硅量很低的，所謂硅鋼(0.25—0.40% C, 0.2—0.4% Si 和 0.8—1.0% Mn) 用于建筑目的。就成份而論，有足够根据地称这种鋼为錳鋼。

苏联在修建某些桥梁时，其中如在1926—1927年在修建橫跨嫩江和松花江的中东鐵路的大桥时，1928—1929年在修建外高加索鐵路橫跨齐努河的大桥和1929—1930年修建德聶伯河的大桥时，曾經采用硅鋼。所有这些桥梁均系鉚接的。

Н. С. Стрелецкий、Н. П. Шапов、С. Г. Богданов、С. С. Канфор及其他等人曾經对苏联生产的、供建筑用的硅鋼的性能进行了很詳細的研究。

表2—4列出了彼得罗夫斯克工厂冶炼的各种硅鋼的化学成份和机械性能。

此表的数据表明，硅鋼具有很高的强度和良好的塑性。就化学成份而言，此种鋼更恰切地說是硅錳鋼，而不是純錳鋼。这种鋼所以有較高的强度，是由于在它的成份中，硅、錳及部分地磷的含量較高。此鋼显示出对加工硬化及随后的时效，具有很高的敏感性。对一系列的試样进行冷弯試驗的結果并不令人滿意；进行热弯曲試驗，其結果也不令人滿

意。

硅鋼的化学成份和机械性能

表 2-4

炉号	化学成份 (%)					鋼材	机械性能				
	C	Si	Mn	S	P		σ_s 公斤/毫米 ²	σ_b 公斤/毫米 ²	δ_{10} %	ψ %	σ_k 公斤-米/厘米 ²
3092	0.12	0.84	0.98	0.038	0.061	鋼板	37.2	58.0	22.0	46.2	7.0
						角鋼	38.9	58.2	22.3	57.2	—
3110	0.11	0.99	0.92	0.037	0.060	鋼板	37.0	55.6	23.8	47.0	7.1
						角鋼	35.7	56.3	24.5	59.8	11.1
3111	0.10	1.02	0.77	0.032	0.056	鋼板	37.0	55.8	23.8	47.0	7.4
						角鋼	33.7	53.7	23.5	59.5	13.9
3109	0.12	1.05	0.72	0.048	0.053	角鋼	36.0	54.0	28.2	59.8	10.9

銅 鋼

純的銅鋼並沒有做为低合金高强度鋼而获得普遍的推广。苏联的許多工厂，由于使用含有銅元素的鉄矿，故炼出了含銅达 0.5% 的鋼（在由这种矿石冶炼出含銅生鉄的基础上）。这种金属，部分地用来軋制屋面鉄皮。烏拉尔屋面鉄皮对于防腐蝕所以有較高的稳定性，在很大程度上是由于在它的成份中含有銅的緣故。

在 1941 年以前，康斯坦丁諾夫斯卡伏龙芝工厂曾用黃鉄矿熔渣的燒結矿熔炼的生鉄組織了銅鋼的生产。熔渣乃是硫酸生产的废料，它含 50—55% Fe 和 0.7—1.0% Cu。采用熔渣制得的生鉄的含銅量为 0.4—1.0%。伏龙芝工厂的銅鋼可以部分地看做低合金鋼。許多苏联研究工作者曾經就銅鋼，包括伏龙芝工厂的銅鋼在內的性能进行了研究。

伏龙芝工厂生产的不同含銅量的銅鋼的板材和型鋼的机

械性能載于表2—5。

這些數據表明，純的銅鋼，在碳的含量適度和含銅甚至達1%的情況下，與碳素鋼相比，儘管具有較高的性能，但是仍然不能保證具有現代的低合金鋼所需的強度性能。

載于表2—6的含0.12%C, 0.65%Mn和0.85%Cu的銅鋼板材的機械性能的資料，就足以證明這一點。

銅鋼板材的機械性能

表 2—6

鋼板 厚度 毫米	機 械 性 能				
	σ_s 公斤/毫米 ²	σ_b 公斤/毫米 ²	δ %	δ_k 公斤-米/ 厘米 ²	σ_s/σ_b
10	31.7—33.4	47.2—49.0	22.0—25.0	12.1—25.1	0.67—0.68
11	30.3—32.0	45.7—47.5	25.5—27.0	15.0—21.2	0.66—0.67
15	30.3—32.0	45.7—47.5	25.5—27.0	15.0—21.2	0.66—0.67
20	30.1—31.6	45.2—47.2	24.0—27.0	15.0—22.3	0.67

含銅量不大的碳素鋼在造船工業中獲得了應用。例如，美國應用的含0.3%C, 0.30%Si, 0.70%Mn和0.25%Cu的鋼具有如下的機械性能(12毫米的鋼板)：屈服極限——34公斤/毫米²，強度極限56公斤/毫米²，延伸率25%。英國採用的含0.15—0.17%C, 0.03—0.06%Si, 0.60—0.65%Mn和0.25—0.35%Cu的鋼具有屈服極限30公斤/毫米²，強度極限44—50公斤/毫米²，斷面收縮率——50%。

在蘇聯，含0.2—0.5%Cu的低碳鋼被廣泛地用做有較高耐腐蝕能力的屋面鐵皮(著名的烏拉爾屋面鐵皮)。近來，這種鋼被用來製造電纜，因為它具有較高的導電性能和抗腐蝕性能。

我們所引述的關於含單一合金元素各種低合金鋼的性能的資料表明，這些鋼不能夠滿足對現代低合金建築鋼所提