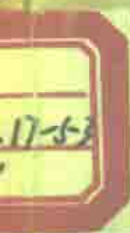


轧辊译文集

第一机械工业部情报所编译

机械工业出版社



礼记译文合集

（一）礼记·礼运第九

（二）礼记·礼运第十

轧 辊 译 文 集

第一机械工业部情报所



机械工业出版社

60410/16

前 言

随着轧钢工业的飞速发展，对延长轧机轧辊寿命已提出了新的要求。遵照毛主席关于：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”和“洋为中用”的教导，在我国的工业技术赶超世界先进水平的奋战中，我们特编译“轧辊译文集”，提供有关单位参考。

“轧辊译文集”附有 200 条轧辊国外文献索引，其索引选自最近三年之日本科学技术文献速报机械制作部分。

本译文集在译校工作中，曾得到东北重型机械学院和上海重型机器厂的大力帮助，在此表示感谢。

由于水平所限，时间仓促，无论在译文、审校和编辑方面尚存在不少缺点，希同志们批评指正。

一机部情报所文献组

1973.11.

目 录

一、锻钢轧辊生产技术的现状和将来.....	7
二、日本钢铁公司生产的各种轧辊.....	14
三、日本钢铁公司轧辊一览表.....	33
四、双频移动式感应加热淬火轧辊.....	36
五、电渣重熔钢轧辊的性能.....	47
△六、带钢热连轧机轧辊的磨损及表面粗糙.....	56
七、淬火锻钢轧辊的残余应力.....	68
△八、抗裂性和硬化深度良好的新型带钢冷轧工作辊.....	80
△九、锻钢支承辊.....	90
十、砂带磨削在特大型支承辊上的应用.....	97
△十一、轧辊损坏实例及其预防措施.....	113
△十二、热轧带钢粗轧机工作辊的材料和寿命.....	121
△十三、关于冷轧工作辊寿命的调查.....	131
△十四、带钢冷轧辊的材料和寿命.....	146
△ 国外轧辊文献索引	

锻钢轧辊生产技术的现状和将来

小林 一喜

日本的粗钢生产能力 1970 年度为 9500 万吨，钢铁的需求量 1970 年度预计达到 9250 万吨，输出 1800 万吨，1975 年度预计生产粗钢 1 亿 3 千万吨。可以认为在今后的 七十年代的 10 年中仍会以每年 7% 左右的速度继续增长。

表 1 列出了日本 LD 转炉（纯氧顶吹转炉）、热轧带钢轧机和冷轧带钢轧机的状况。

表 1 LD 转炉、热轧带钢轧机、冷轧带钢轧机的能力

	LD 转炉		热轧带钢轧机		冷轧带钢轧机	
日 本	66 台	68273 千吨	15 台	26372 千吨	56 台	13405 千吨
美 国	81	54020	44	78651	128	48869
西 德	36	20200	6	10500	27	7494
英 国	20	8720	6	8460	19	5385
苏 联	46	11200	13	17220	14	4920
世界合计	404	212623	130	184226	383	106837

1 锻钢轧辊的现状^{[1][2]}

图 1 为按用途分类接受订货的数量，1969 年度内普通钢 5352 万吨，特殊钢 643 万吨，内销 4521 万吨，输出 1473 万吨。其中大部分是由轧钢机生产的。日本铸钢和锻钢产量的逐年变化情况如图 2 所示，1970 年度生产铸件毛坯 7500 吨/月，锻件毛坯 6000 吨/月，其轧辊的细目列于表 2。将这个表改成轧辊生产量则如图 3 所示，本年度生产铸钢轧辊 4000 吨/月，锻钢轧辊 3300 吨/月左右，其中约 6% 的锻钢轧辊用于非铁金属工业，其余则用于钢铁工业。在表 3 里，用于非金属工业（造纸、橡胶、化学）的轧辊除外。

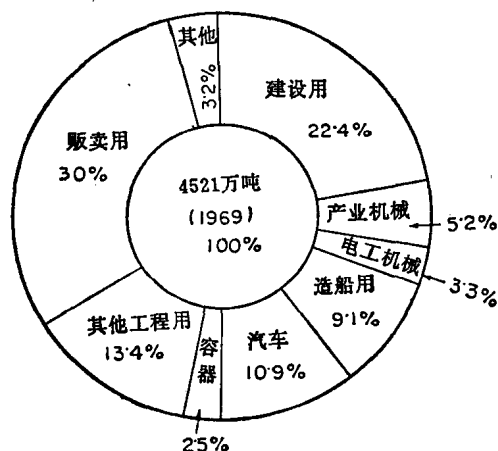


图 1 1969 年日本锻钢按用途分类接受的订货量

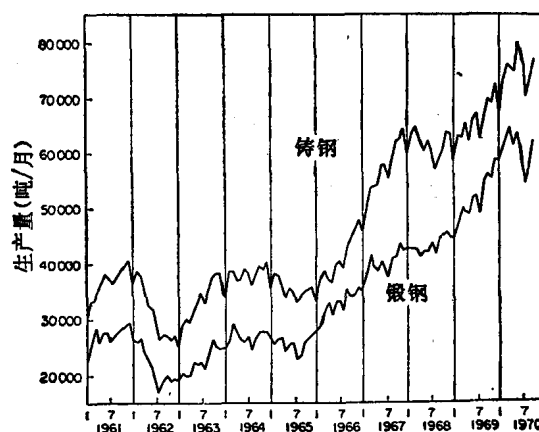


图 2 日本铸钢和锻钢的月产量

表2 轧辊月生产量

	1967年 吨/月	1968年 吨/月	1969年 吨/月	1970年 吨/月
铸钢轧辊(铸件毛坯)	5989	5000	5237	6400
锻造轧辊(锻件毛坯)	3861	3763	4453	5200

表3 锻钢轧辊的使用范围(非金属工业除外)

	1968年 吨/年	1969年 吨/年
钢铁工业	28000	26700
非金属材料工业	1900	1815

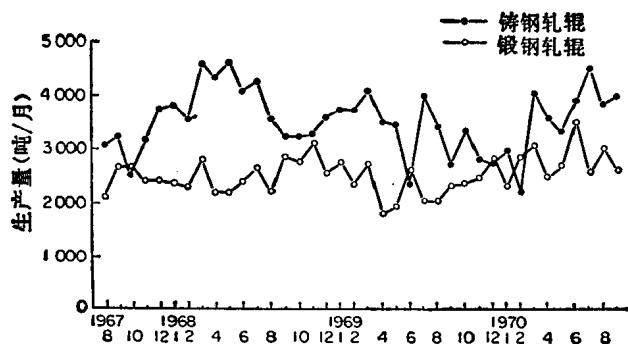


图3 日本铸钢和锻钢轧辊的月产量

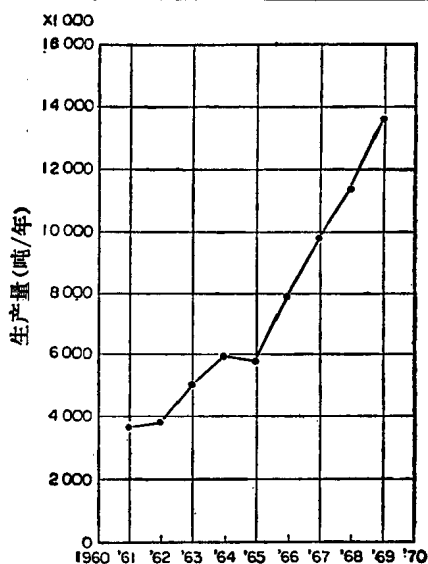


图4 日本冷轧带钢生产量

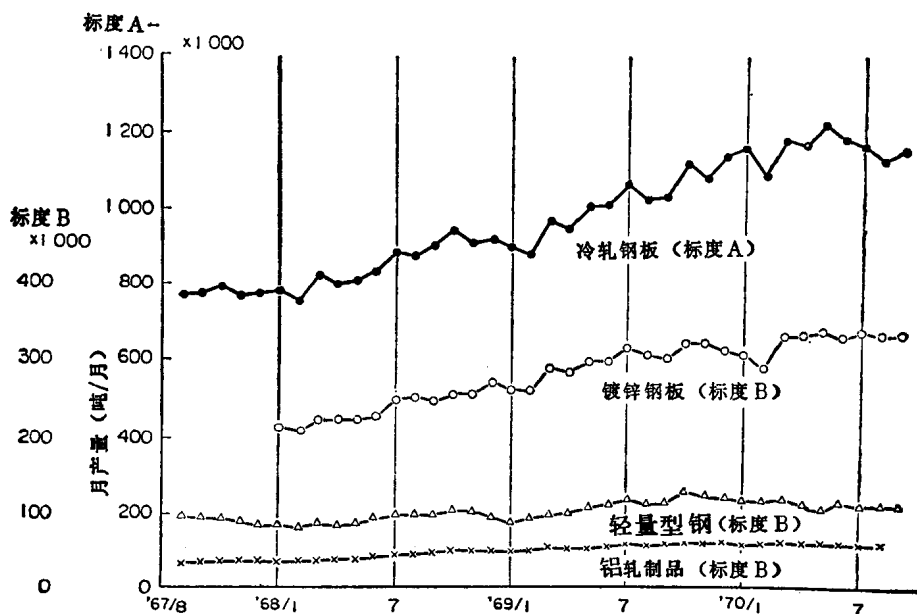


图5 日本冷轧钢板、镀锌钢板、轻量型钢、铝轧制品的月产量

此外，用图解说明了用锻钢轧辊生产的冷轧带钢（图4）、冷轧钢板、镀锌钢板、轻量型钢、铝轧制品（图5）、电焊钢管、镀锡钢板和铜轧制品（图6）的生产量。

1970年1~6月输出轧辊16.4亿日元，7400吨，其中约1/3的金额是锻钢轧辊。

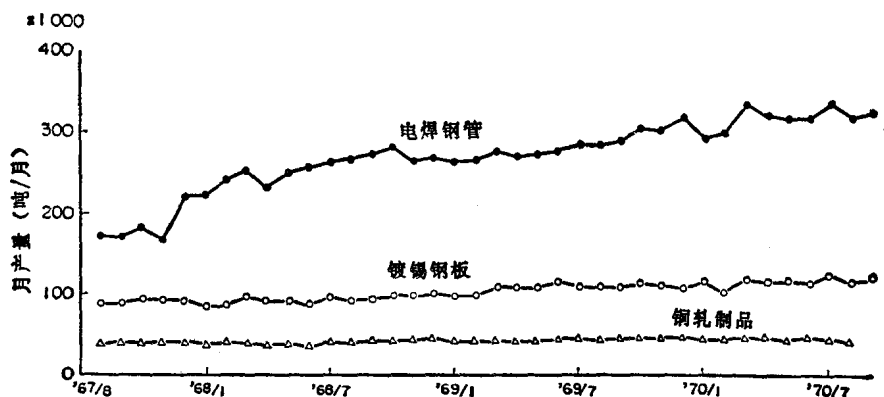


图6 日本电焊钢管、镀锡钢板、铜轧制品的生产量

2 锻钢轧辊的分类

锻钢轧辊的分类有各种各样的方法，按化学成分和处理方法的分类如表4⁽⁹⁾。

(A)(B)(C)三类合金元素的含量在4%以下，而(E)(F)则含有5%以上的合金元素。

此外，也有用真空熔炼和电渣重熔(ESR)法生产的轧辊。

2.1 亚共析钢轧辊(表4A))

这类钢用于承受强大的压力、扭矩和冲击的轧辊。其成分如表4(A)。

这种成分的轧辊通过正火或空冷处理其抗拉强度达到50~80公斤/毫米²而后使用。现在一般都使用特殊铸钢轧辊，有时使用可锻铸铁轧辊和球墨铸铁轧辊，但是，在承受极大载荷的场合仍然使用锻钢轧辊。钢锭或扁钢坯的开坯轧辊、大型型钢的开坯轧辊和粗轧辊等等就是相当于这种情况。

表4(A)成分的钢用于直径 $\phi 950$ 以下的轧辊，也用于抗回火软化的一部分小型型钢的粗轧辊和铜及铜合金的板材、板坯和线材以及铝轧制品的热轧辊。

表4 锻钢轧辊的分类

	分 类	处 理	组 织 或 分 类
1(A)	亚共析钢轧辊	正火或调质	铁素体+珠光体
2(B)	共析钢轧辊	正火或调质	珠光体+细珠光体或贝氏体
3(C)	共析钢轧辊	淬火处理	马氏体或贝氏体
4(D)	过共析钢轧辊	淬火处理(热处理)	马氏体+碳化物
5(E)	低碳高合金钢轧辊	热处理	耐热工具钢、不锈钢、高速钢
6(F)	高碳高合金钢轧辊	热处理	冷作工具钢、特殊不锈钢、特殊高速钢
7(G)	表面处理或镀层轧辊	表面处理	渗碳、氮化、电镀
8(H)	装配式或其他特殊构造轧辊	装配	套筒式、辊身轴装式

表 4 (A)

	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	HS
(Aa)	0.45/0.6	0.2/0.5	0.5/0.8	0.4/1.2	0.15/0.3	0.1/0.25	30/38

	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	V %	HS
(Ab 1)	0.45/0.65	0.20/0.40	0.60/1.0	1.2/2.0	0.7/1.0	0.2/0.5	(0.1/0.25)	40/70
(Ab 2)	0.45/0.65	0.4/0.8	0.4/0.8	(0.4/0.8)	1.0/1.6	0.2/0.6	0.1/0.3	40/70
(Ab 3)	0.45/0.65	0.2/0.4	0.6/1.0	0.2/0.6	0.9/1.2	0.3/0.5	0.1/0.25	40/70
(Ab 4)	0.35/0.55	0.4/1.0	0.4/0.6	(0.5/1.1)	2.0/3.0	0.3/0.5	(0.1/0.25)	45/75

表 4 (B)

	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	V %	HS
(B 1)	0.55/0.70	0.3/0.6	0.6/0.9		0.6/1.1	0.15/0.30	(0.1/0.25)	33~65空冷或调质
(B 2)	0.60/0.80	0.15/0.40	0.2/0.5		1.0/1.8	0.15/0.50	(0.1/0.25)	45~75调质
(B 3)	0.50/0.70	0.15/0.40	0.2/0.5		2.3/3.3	0.3/0.5		50~70调质
(B 4)	0.60/0.80	0.15/0.40	0.2/0.5		1.2/2.0	0.3/0.6		40~70调质
(B 5)	0.60/0.80	0.3/0.6	0.4/0.8	0.8/1.5	0.6/1.2	0.2/0.4	(0.1/0.2)	40~70调质
(B 6)	0.60/0.80	0.3/0.6	0.4/0.8	0.4/1.0	1.0/1.8	0.2/0.4		40~70调质
(B 7)	0.65/0.85	0.3/0.6	0.5/0.9	2.0/2.5	0.8/1.4	0.3/0.5	(0.1/0.2)	40~70调质

表 4 (C)

	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	V %	Co %
(C 1)	0.7/0.9	0.2	0.4		1.6/2.3	0.2/0.5		
(C 2)	0.7/0.9	0.5/1.0	0.4		1.7/2.5	0.2/0.4	0.1/0.25	1.0/4.0
(C 3)	0.7/0.9	0.3/0.8	0.4	(0.5/1.0)	1.7/2.5	0.3/0.6	0.1/0.25	(0.5/1.0)
(C 4)	0.7/0.9	0.7/1.2	0.5		2.5/3.5	0.2/0.4	0.1/0.25	
(C 5)	0.7/0.9	0.5/0.8	0.5		4.0/5.2	0.2/0.4	(0.1/0.3)	
(C 6)	0.7/0.8	0.3	0.5		1.2/1.6	0.7/1.0	(0.1/0.3)	
(C 7)	0.7/0.9	(0.7/1.5)	0.4		0.8/1.0	0.45/0.7	(0.1/0.3)	

表 4 (D)

	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	W %	相当 JIS
(D 1)	0.9/1.2	0.2	0.4	0.8/1.3			SUJ 1 φ 100以下
(D 2)	0.8/0.95	0.2	0.4	1.3/2.0			SUJ 2 φ 250以下
(D 3)	0.8/1.1	0.2	0.4	1.3/2.0	0.2/0.4		SUJ 2
(D 4)	1.0/1.2	0.1	0.4	0.6/0.9		3.5/5.0	

表 4 (E)

	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	Mo %	V %	W %	JIS	AISI
(E 1)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.4		4.5/5.5	1.0/1.5	0.2/0.5		SKD-6	H-11
(E 2)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.35		4.5/5.5	1.0/1.5	0.8/1.2			H-13
(E 3)	0.32/0.45	0.8/1.2	0.4		4.5/5.5	1.0/1.5	0.1/0.35	0.75/1.5		H-12
(E 4)	0.25/0.35	0.25/0.65	0.4	3.0/3.5	2.5/3.5	2.5/3.5	0.4/0.6			
(E 5)	0.15/0.25	0.2/0.5	0.4	(1.0/2.0)	3.2/3.7					
(E 6)	0.25/0.35	0.2/0.5	<0.6		2.0/3.0	(0.3)	0.3/0.5	8.0/10.0		H-2
(E 7)	0.5/0.7	0.8/1.0	0.4		4.5/5.5	0.8/1.2	0.2/0.4	1.0/1.5		

表 4 (F)

	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	V %	Co %	W %	JIS	AISI
(F 1)	0.95/1.3	0.15/0.5	0.15/0.50	5.0/6.0	0.8/1.2	0.4/1.2			SKD-12	A2
(F 2)	1.3/1.7	0.15/0.5	0.15/0.50	10.5/13.0	0.6/1.2	0.2/0.8	(0.5/2.0)		SKD-11	D2
(F 3)	1.7/2.2	0.15/0.5	0.15/0.50	11.0/13.0	0.6/1.2	0.2/0.8				
(F 4)	1.3/1.7	0.15/0.5	0.15/0.50	10.5/13.0	0.6/1.2	0.5/1.0	2.5/3.5			D5
(F 5)	1.4/1.7	0.3	0.4	3.5/4.5	3.0/3.5	4.5/5.5	4.5/5.5	6.5/7.5		M-15
(F 6)	1.4/1.7	0.4	0.7	6.0/7.0	3.0/4.0	4.5/5.5	4.5/5.5	4.5/6.0		
(F 7)	1.0/1.2	0.3	0.4	4.0/4.5	6.0/6.5	3.0/3.5	11.0/13.0	5.0/5.5		M-44
(F 8)	0.8/0.9	0.3	0.3	4.0	8.5	1.2	5.0	1.5		M-30
(F 9)	0.8/1.2	0.5/1.0	0.5/1.0	16.0/18.0	0.3/0.7				SUS-57	440 B.C

这种成分的轧辊也往往用于各种冷轧和热轧的支承辊。

2.2 共析钢轧辊 (调质、表 4 (B))

这种钢主要用于厚板轧机、热轧带钢轧机、冷轧带钢轧机的支承辊。此外,在非铁金属部门中也广泛使用于支承辊和热轧工作辊。

2.3 共析钢轧辊 (淬火、表 4 (C)、硬度: HS75~105)

冷轧工作辊的成分大体上都属于上述范围。一般来说,用于粗轧辊时含碳量和硬度应该低些,而用于精轧辊时则含碳量和硬度应高些。

2.4 过共析钢轧辊 (淬火、表 4 (D)、硬度 HS 80~105)

就是提高前述 (C 1) 的含碳量以获得高硬度的小型轧辊和钢板平整机轧辊等等。

2.5 低碳高合金钢轧辊 (表 4 (E))

这种成分属于热作工具钢系统,用于铜、铝等的热轧,同时也用于 20 辊冷轧机 (Sendzimer Mill) 和罗恩式多辊轧机 (Rohn Mill) 的中间或主动轧辊,行星式轧机的旋转工作辊等。但这种钢铸成的大型钢锭存在偏析等等问题,今后看来,为了制造二重结构式的锻钢轧辊必须添加其他的化学成分。

2.6 高碳高合金钢轧辊 (表 4 (F))

这种轧辊用于 20 辊冷轧机的工作辊以及第一层和第二层中间辊,主要是使用 (F 2) 或一部分 (F 3),此外,近来在轧制不锈钢板时开始使用 (F 5)~(F 8) 的钼系高速钢。可是,由于是一种高碳高合金钢,今后仍有调整钒等碳化物的研制问题,现在正对能够达到 HRC 70 左右的材料进行研究⁽⁴⁾此外,耐磨性优良的 (F 2) 系轧辊广泛地用于轻量型型钢的成形轧辊、矫正轧辊和管径 20 B 以下的电焊钢管的成形轧辊。

2.7 表面处理或镀层轧辊 (表 4 的 7 (G))

这种轧辊通过渗碳或氮化处理获得了较高的硬度,因而具有较好的耐磨性,它在电焊钢管的成形轧辊、矫正轧辊上部分地得到了应用。此外也用于镀铬抛光和提高耐磨性的平整轧辊和光整冷轧轧辊。同时,还有利用加焊硬面法而用于夹送辊和厚板平整轧辊等等的再生使用和增强的例子。

2.8 组合式或特殊构造轧辊 (表 4 的 8 (H))

现在冷轧和热轧支承辊广泛使用套筒式的组合轧辊。同时,近来对于铝和钢铁等的连续铸锭轧制线的轧辊和厚板处理线的轧辊等等多数已使用具有内部冷却机构的轧辊。此外,从轧辊内部加热,以及为保持轧制时的形状进行局部加热或冷却结构的轧辊也出现了。

3 各种用途锻钢轧辊的问题

前面是按成分对锻钢轧辊进行的分类,但是,从锻钢轧辊的生产量来看,按重量来说,情况如下:

支承辊	36%	钢材用一般冷轧辊	4%
冷轧用	15%	冷轧平整轧辊 (其他)	3%
热轧用 (包括厚板用)	21%	20 辊冷轧机轧辊、成型轧辊	3%
冷轧辊 (包括平整轧机)	36%	非铁金属用轧辊	6%
钢材用热轧工作辊 (包括型钢轧辊)	5%	出口轧辊	7%

3.1 冷轧支承辊的问题^[6]

最近, 由于冷轧带钢轧机的卷材重量增大 (30~50吨), 轧制速度提高 (2800米/分), 加之连轧的问题, 因而希望延长换辊以前的运转时间。此外, 为了谋求钢板尺寸的精度, 制造了采用油压压下机构的轧机, 为此强烈希望制造出中心振摆很小的轧辊。在这种设想下, 在最近的冷轧带钢轧机中应用了在辊颈上使用喷油润滑的滚柱轴承, 进一步保证轧材的精度。

最近安装的冷轧带钢轧机中使用了锻钢整体支承辊, 在影响极少的机架 (5 机架连轧机的第 3、第 2、第 4 机架) 上则采用辊套装配式轧辊, 以提高轧制板材的精度。套筒轧辊的制作采用热装工艺, 现在这种工艺和整体轧辊相比就紧密性而言尚有一些问题 (参照图 7)。

如图 7 中所见, 热装轧辊有残余应力, 承受重载荷时产生应力的可能性更大。为了解决这个问题, 对各种各样的热装法 (两端环形固定、螺帽固定、突缘固定、冕式热装、利用熔焊剂, 利用粉末等等)^[88]进行了试验。

调质轧机, 表皮光轧机的支承辊由于存在工作辊麻面磨光时粉尘的残留问题和板材质量问题, 改用硬度高的脱芯铸铁轧辊, 从强度上考虑芯材也用高强度铸铁制成。冷轧带钢轧机的支承辊的消耗指标列示如下:

	轧辊消耗指标 (按整体件计算)	机 架 类 别	
		精 轧	粗 轧
56"宽连轧机	0.20~0.35公斤/吨	8500吨/毫米	18000吨/毫米
80"宽可逆轧机	0.40公斤/吨	1200吨/毫米	
56"宽可逆轧机	0.40~0.60公斤/吨	1500吨/毫米	

3.2 热轧支承辊的问题

在这三年间, 热轧带钢轧机或厚板轧机的支承辊几乎完全改成锻钢整体轧辊或锻钢套筒装配式轧辊。铸钢整体轧辊由于硬度低、疲劳强度不高, 数量已显著减少。可是从1969年到1970年间热轧带钢轧机精轧机架用的支承辊中出现了新的 DP(Double Pous 双层浇铸)轧辊, 现在正在进行试用。DP 轧辊的特点在于改变了外层的成分, 其硬度接近于 HS70, 因而显著地提高了耐磨性。

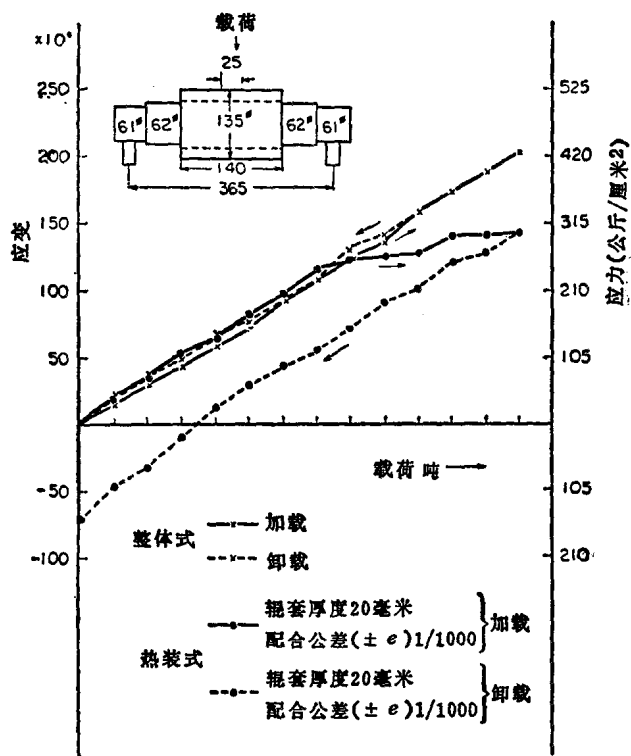


图 7 套筒式热装整体轧辊变形试验结果举例

材料 0.77% C, 1.67% Cr, 0.20% Mo HS52 两端自由支承,
中间施加油压, 用应变仪在中央部位测定

然而, DP 轧辊尚未定型,其制造方法各制造厂家各有特点。现在,用在精轧机组后段机架架上时磨损量在 1/3 以下,但是,用于前段高碳铬镍耐磨铸钢轧辊的机架架上时,却使工作辊产生了磨损。虽然还存在内外层交界层的处理和辊端容易产生裂纹等等一系列尚未解决的问题,但是,它却提出了一个新的方向。在热轧带钢轧机的粗轧机架或精轧前段机架以及厚板轧机中多数还使用锻钢整体轧辊或套筒式轧辊。此外也正在研究锻钢的高硬轧辊^{[82]~[73], [80]~[83]}。

热轧支承辊的特点是以耐磨性为主,因而多数使用的 C % 稍高(前述 B-2、3、4、6)。近来热轧带钢轧机有这样一种倾向,即 1.2~1.3 毫米左右的薄卷材或特殊钢(不锈钢类或矽钢片类)的轧制日益增多。因此,也要不断谋求提高承载能力、减少缺陷和提高疲劳强度。

现将热轧带钢轧机和厚板轧机的轧辊消耗指标列示于下:

		轧辊消耗指标	吨/毫米(辊径每一毫米轧制吨数)
热轧带钢轧机	连轧机精轧支承辊	0.1~0.2公斤/吨	30000~40000
"	粗轧机架支承辊	0.08~0.15公斤/吨	60000
厚板轧机	支承辊	0.15~0.25公斤/吨	

3.3 冷轧带钢轧机工作辊的问题

在这种情况下,从提高轧制速度、尺寸精度、钢板表面质量和生产率来看,对轧辊的要求越来越高。

过去十年中,工作辊的重新淬火,每一回尺寸减小后轧辊的重新修复差不多上了轨道,在相当多的带钢轧机上,当出现新轧辊和重新淬火的轧辊并用时,应将重新淬火的轧辊使用于第 2 和第 4 机架上。

但是,一般说来,镀锡钢皮比镀锌钢皮的表面状况问题更多,同时由于锡的价格较高,尺寸精度就总是个问题。此外,从抛光板和深拉钢板等等的涂漆和精加工来看,轧辊表面状况也是一个重要因素。因此,工作辊逐步地有采用高合金的趋势,同时,从轧辊的表面来看,枝状结晶就成了一个问题。冷轧辊的换辊原因除了定期换辊和磨损换辊以外,也有由于过烧、卡钢等情况而换辊的,为此,在卡钢时要求轧辊具有良好的耐裂性能。从轧制润滑油方面来看,其麻面的加工性和寿命也是一个重要问题。

即使在调质轧制中,在干轧时要保持麻面状况和负载,而在湿轧时也要求保持麻面的粗度,钢板的“光泽”也是轧辊的一个重要因素^{[84] [20]~[20]}。

这些问题随着对轧制板材要求的性能而变化,所以必须注意的问题很多,应该能够适应这种情况。提高轧制效率,特殊材料的轧制等等,可以说也是一种必须注意的问题。

3.4 钢铁轧制用热轧辊的问题

现在锻钢热轧辊有减少的趋势,它主要用于连续铸造的各种轧辊、厚板平整轧辊、进给辊等载荷大的特殊构造的轧辊。但是对今后的轧辊来说,经过轻锻造的高碳铬镍耐磨铸钢轧辊、DT 轧辊等等考虑另有应用,高合金轧辊也可能作为铸造轧辊而另有用途。例如线材的精轧辊使用烧结合金,特殊高速钢和耐热合金等等。

3.5 钢铁用一般冷轧辊的问题

轧制结构钢、工具钢等高强度带钢的轧辊要求减少轧制道数,增加压下力,提高这种小型轧辊的表面压下强度。

3.6 冷轧平整轧辊的问题

例如 $\phi 20$ 毫米 $\times 1500$ 毫米辊径/辊身之比小的轧辊不断增加,甚至在轧制铜合金,铝材时也有这种趋势。特别是必需抛光的情况,硬度高而且尺寸精度高的轧辊正在增加,因而轧辊的精加工问题就多。于是就要求解决镀铬、平整支承辊的结构安装方法等问题。

3.7 钢管、轻量型型钢等的成型轧辊的问题

电焊钢管轧机的开坯轧辊的局部磨损(包括管的流程和轧辊结构问题)、成形轧制的上轧辊的孔型附近的疲劳裂纹、焊接部位压下轧辊的材质、保证管径尺寸精度所必须考虑的定径轧辊的磨损等等都是问题。对于重要的轧辊则采用更高级的材料或者改良其锻造方法。这个问题对轻量型型钢的成型轧辊也是一样。对轻量型型钢的轧制流程也进行着种种改良。

3.8 20轧冷轧机轧辊的问题

在不锈钢企业中已使用轧制速度 600 米/分的连续轧机,由于不锈钢用途的增加,光亮退火作业线的不锈钢板的“光泽”问题就提出来了。在这方面使用高碳高速钢的结果较好,但是还未解决 V 碳化物的处理问题。矽钢片等极薄钢板的轧制,则以前述 2.6 的 (F-2) 系轧辊为主,以期减小轧辊的消耗指标。20 辊冷轧机轧辊的消耗指标示例于表 5。

表 5 20 辊冷轧机轧辊消耗指标举例

用 途	种 类	平均磨削量 毫米/回	正常磨削量 毫米/回	消耗指标 公斤/吨
软钢	工作辊	0.10~0.23	0.02~0.05	0.03~0.04
	第一层中间辊	0.25~0.50	0.20~0.30	0.09~0.15
	第二层中间辊(主动)	0.20~0.35	0.20~0.30	0.04~0.07
	第二层中间辊(从动)	0.20~0.35	0.20~0.30	0.05~0.07
不锈钢	工作辊	0.08~0.10	0.02(SKD11系) 0.05(高速钢系)	
	第一层中间辊	0.40~0.50	0.20	
	第二层中间辊(主动)	0.20~0.25	0.20	
	第二层中间辊(从动)	0.15~0.20	0.20	

3.9 非铁金属用轧辊的问题

轧铝用轧辊由于热轧精轧机的板材咬入性和板材缺陷问题,现在是铸铁和锻钢并用。在全连续热轧机上是这样解决的:粗轧辊用锻钢轧辊,精轧连轧机的前段用锻钢轧辊,后段用铸铁轧辊。应该特别指出热轧铝用轧辊存在内部缺陷等问题,因而选材极为重要。

表 6 铝热轧连轧机举例(美国)

机 架 序 号	1*	2*	3*	4*	5*	卷 轴
原动机容量(HP)	2500×2	2500×2	2500×2	2500×2	2000×2	
轧制速度(呎/分)	700	1300	2150	3050	3400	
压下	50%	40%	40%	30%	5%	
板厚(吋)及轧制温度	1 ¹ / ₄ "(480°C)	5/8"	3/8"	1/4"	5/32"	0.102/0.160"(260°C)
	1"(500°C)					0.090"(260°C)

平均磨削量 0.12~0.20 毫米/回

铝箔轧辊现在全部使用真空熔炼钢,用于生产铝箔。在美国和欧州,还有部分地使用电渣重熔钢的例子。

铜材轧制时,轧辊上的问题是表面质量和装机使用时间,此外,在一部分精轧机架轧辊中使用 5%Cr 合金钢,结果较好。

用于轧制铜板等尺寸精度很高的薄板轧机的轧辊，和铝箔轧机一样，使用真空熔炼钢。表 6 所示为美国的热轧铝板轧机的一例。

4 锻钢轧辊制造工艺上的问题

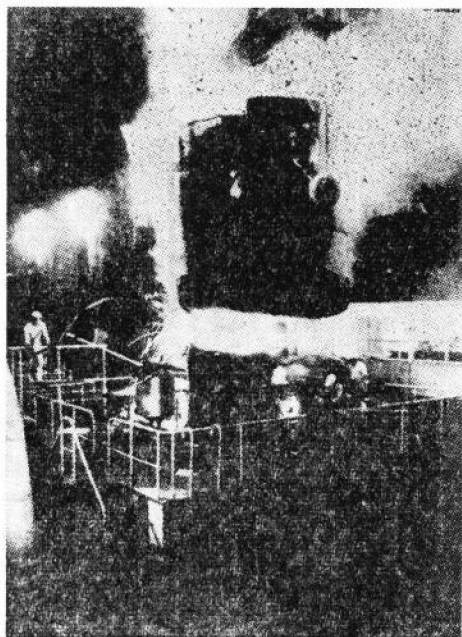
对轧辊原材料的质量要求越来越高，为了满足这些要求，现在锻钢轧辊主要采用真空铸造。采用 0.05 托的真空度浇铸时，可以得到 $[H]$: 1.5ppm, $[O]$: 18ppm 左右，没有内部缺陷的轧辊材料。这是 5~10 年前规定的 3 个值，其压坏值，疲劳强度提高了 20%~30%。

如前所述，特殊用途的轧辊采用真空熔炼钢和电渣重熔钢，也在认真努力降低这些特殊熔炼钢的生产成本 $[4] \sim [6]$, $[8] \sim [17]$ 。

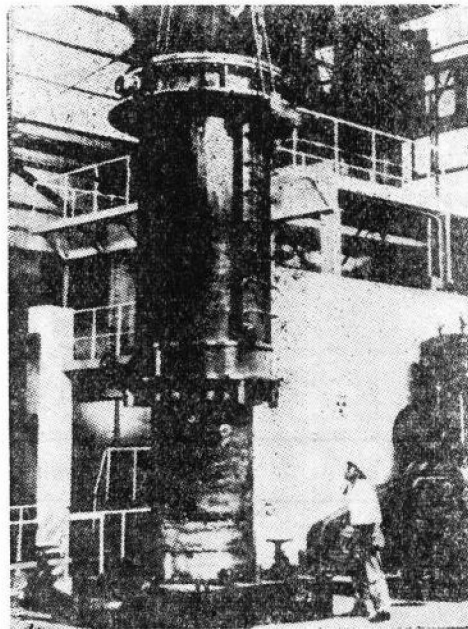
4.1 真空铸造和铸锭

由于真空铸造的普及，轧辊钢锭也采用这种铸造法，为此，可以采用瑞典的 ASEA 装置（包括 VIR (Vacuum Induction Refining) 处理），Bochumer 式钢流脱气法或盛钢桶脱气法等等（参照照片 1）其结果示于表 7，通过这种处理疲劳曲线的变化如图 8 和图 9 所示。

此外，铸锭方法也进行着种种改进，30 吨以上的钢锭对上注法进行了改进（飞溅的防止、铸口的合理应用、流动性的改善），同时，对 30 吨以下的小型钢锭的上注法、下注法、旋转式铸锭、振动凝固等等也进行了改进。



照片 1 真空铸锭（钢流脱气）



照片 2 15吨真空电弧熔炼炉
(ϕ 980毫米真空熔炼钢)

4.2 真空熔炼钢和电渣重熔 (ESR) 钢

为了生产品质优良的原材料，采用了自耗电极式的真空熔炼和电渣重熔等工艺，对高合金钢（例如 20 辊轧机轧辊）和箔用轧辊就使用这种工艺。这些工艺的特征如表 7。

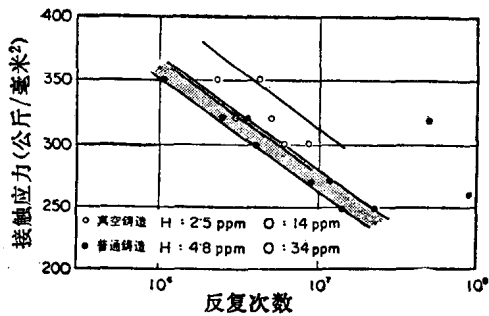


图8 真空铸造对疲劳试验结果的影响

试样 $\phi 80$ 毫米 $\times$ 厚30毫米在试样表面安放3个 $\phi 19$ 毫米钢球加载运转试验的结果

硬度	成分 %							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
HS 60	0.78	0.40	0.57	0.014	0.008	0.12	1.58	0.35
HS 60	0.78	0.30	0.58	0.017	0.005	0.11	1.52	0.39

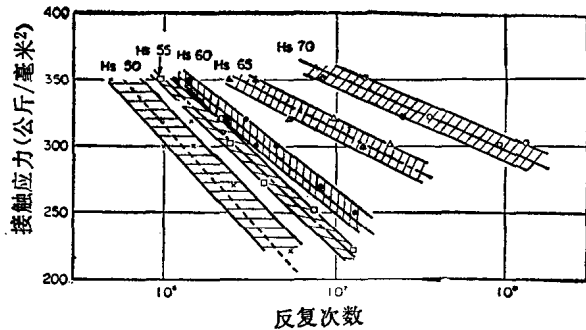


图9 硬度变化时疲劳程度的差别

试样 $\phi 80$ 毫米 $\times$ 厚30毫米在试样表面安放3个 $\phi 19$ 毫米钢球加载运转试验

钢的成分

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.78	0.40	0.57	1.62	0.42	0.03

表7 各种熔炼方法的比较

	真空熔炼	电渣重熔	真空铸造	无氧化铸造	普通方法
钢中[H]	0.5ppm	3.5ppm	1.5ppm	3.5ppm	5ppm
钢中[O]	7ppm	15ppm	18ppm	40ppm	50ppm
钢中[N]	70ppm	80ppm	80ppm	90ppm	90ppm
所用真空度	10^{-3} 托	大气压	0.05托	大气压	大气压
内部缺陷发生率	几乎没有	几乎没有	减少	稍有	有
内部缺陷大小	微小	微小	0.2毫米以下	0.2毫米左右	有0.5毫米以上的
铸造组织	密	密	稍粗	稍粗	稍粗
熔炼处理	重熔	重熔	出钢时处理	出钢时处理	
成本比率	2.0	1.5~1.8	1.1~1.2	1.05	1.0
生产率	恶化	恶化 (有脱硫作用)	依设备不同		

表8 压坏值的比较

硬 度 (HRC)	真空熔炼(公斤)	真空铸造(公斤)	无氧化铸造(公斤)
65	3860	3675	3475
63	4600	4450	4075
61.5	6775	5990	5475

注：环的尺寸：外径80毫米，内径60毫米，宽20毫米，成分：C 0.78/0.80% Cr 2.26/2.34% Mo 0.22/0.28%

环状试样压坏值的比较结果如表8。

4.3 高速锻造和退火处理

随着压机的自动化或数字控制，缩短了作业时间，提高了精度。因此，锻造余量减少了，而且可以充分利用这个锻造效果。由于退火工艺的自动化进而缩短了轧辊的处理时间。

此外，非破坏检查，特别是超声波探伤的发展，对保证原材料的质量也起到重大的作用^[8]。

4.4 淬火工艺的控制和感应加热淬火的应用

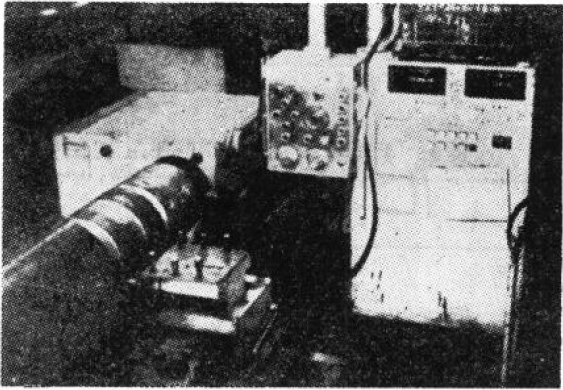
冷轧辊的水淬、大型轧辊的鼓风淬火或者快速淬火被得到广泛的应用，由于对淬火冷却的控制，加热温度的管理，使热处理工艺更加稳定。

在冷轧工作辊的例子中，加深淬火层深度的同时调节残余应力是可能的，冷轧工作辊能够获得如图 10 所示的淬火层深度，轧辊性能也有所提高。此外，高低频感应淬火装置能够制成各种各样特点的轧辊。根据轧辊的使用目的可使用不同的淬火法。对于重新淬火、局部淬火、平整轧辊的回火和局部淬火等等也都可以应用这种方法。

4.5 高速加工、数字控制加工、高速研磨

为了提高生产率，进行了上述努力，数字控制加工逐步推广了。此外，也进行了高速研磨（砂轮速度 3000 米/分以上）。这方面虽有所进步，但是，希望参考别的文献^{[19]~[22]}。

4.6 轧辊使用时间



照片 3 数字控制车床加工轧辊轴部

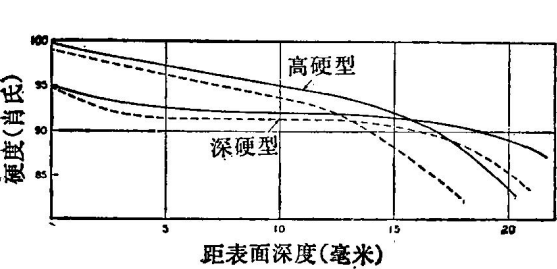


图10 冷轧辊代表性的硬度分布曲线

轧辊尺寸：φ650毫米×L1520毫米

表示方法	钢 的 成 分 %				
	C	Cr	Mo	Si	Mn
—	0.78	2.97	0.51	0.34	0.66
---	0.81	2.17	0.24	0.31	0.35

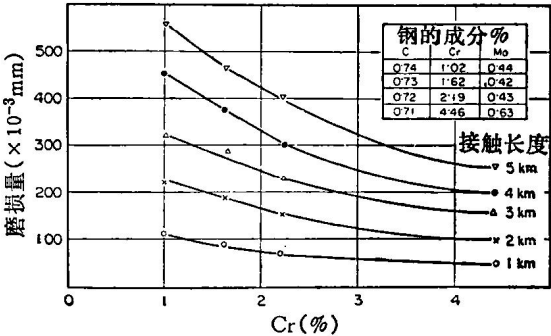


图11 增加Cr含量时耐磨性的提高

0.78% C 钢，硬度 HS 65 用圆周接触长度表示
试样尺寸 φ5 毫米×14毫米，载荷10公斤使之同
φ80毫米×30毫米 HS 93(0.78% C，2.2% Cr，
0.25% Mo) 的旋转体(圆周速度约4.2米/秒)接触
而测定试样的磨损量

为了缩短轧制过程中不可避免的换辊时间而采用了高速换辊。同时,力图提高轧辊每研磨一次的寿命。轧辊的高合金化就是这样一个例子,图 11 中说明了 Cr% 对磨损的影响^[20]。

将美国的冷轧辊的重新淬火和重新加工的序列介绍如下。再淬轧辊的使用效果举例列于表 9。

美国的例子。

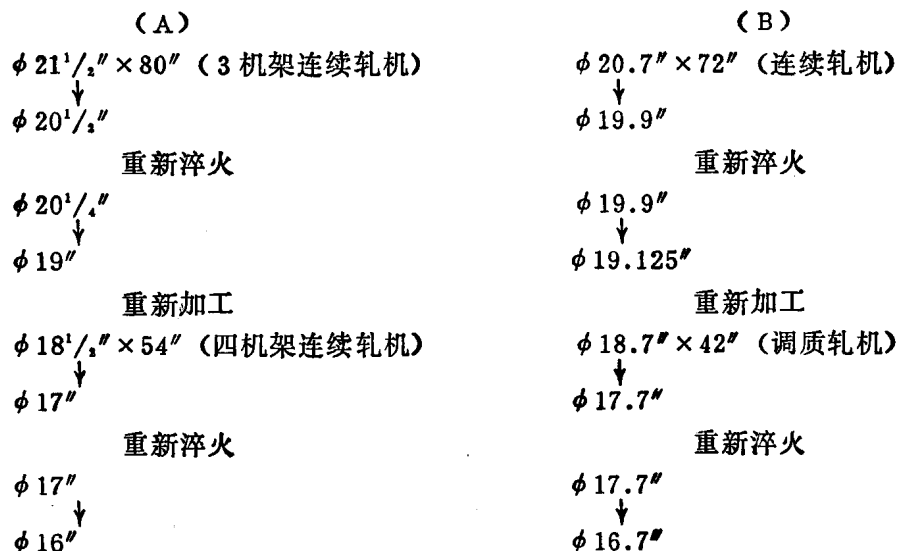


表 9 新轧辊和再淬轧辊的使用效果

尺 寸	机 架 类 别	区 分	粗 轧 吨/根	精 轧 吨/根	调 质 轧 制 吨/根	合 计 吨/根
$\phi 533$	5 机架连续轧机	新 轧 辊 重新淬火	18073 33758	13974 6059		32074 39817
$\phi 464$	4 机架连续轧机和 1 机架调质轧机	新 轧 辊 重新加工	26156 14325	22734 15503	3116 5014	52007 34843
$\phi 545$	5 机架连续轧机和 1 机架调质轧机	新 轧 辊 重新淬火	14904 15459	8478 6425	5494	23382 27380
$\phi 533$	5 机架连续轧机	新 轧 辊 重新淬火				61500 66323
$\phi 420$	可逆轧机	新 轧 辊	3153	3153	4089	17308普通板材
		重新淬火	1373	1373	2432	7897普通板材
$\phi 420$		新 轧 辊	2780厚材	1782薄材		20058普通板材
		重新淬火	1828厚材	845薄材		11525普通板材

5 锻钢轧辊的将来

5.1 轧制方法

大部分钢铁是通过轧机轧制成板材和型钢供应市场。板材和型钢的生产比例这二十年间变化很大,板材增长了一倍以上。就今后的发展来看,可以说扁平轧材将比成型轧材增加更快。现在钢铁生产主要是轧制钢锭,但是,如果进入连续铸造的时代,板材、管子、轻量型钢会进一步增长。作为另外一个方向,可以认为用板材轧制不可能一次直接轧成的异形断面型钢的高效能的万能轧机等将会广泛应用。