

带钢冷、热轧机轧辊

- (11)
- (12)
- (13)
- (14)
- (15)
- (16)
- (17)
- (18)
- (19)
- (20)
- (21)
- (22)
- (23)
- (24)
- (25)
- (26)
- (27)
- (28)
- (29)
- (30)
- (31)
- (32)
- (33)
- (34)
- (35)
- (36)
- (37)
- (38)
- (39)
- (40)
- (41)
- (42)
- (43)
- (44)
- (45)
- (46)
- (47)
- (48)
- (49)
- (50)
- (51)
- (52)
- (53)
- (54)
- (55)
- (56)
- (57)
- (58)
- (59)
- (60)
- (61)
- (62)
- (63)
- (64)
- (65)
- (66)
- (67)
- (68)
- (69)
- (70)
- (71)
- (72)
- (73)
- (74)
- (75)
- (76)
- (77)
- (78)
- (79)
- (80)
- (81)
- (82)
- (83)
- (84)
- (85)
- (86)
- (87)
- (88)
- (89)
- (90)
- (91)
- (92)
- (93)
- (94)
- (95)
- (96)
- (97)
- (98)
- (99)
- (100)

冶金部情报标准研究所

一九七七年六月

杭州图书馆

目 录

带钢热轧机粗轧工作辊的材质和寿命	(1)
带钢热轧机工作辊使用情况	(11)
现代带钢热轧机用的高铬工作辊	(23)
带钢热轧机精轧工作辊的斑带缺陷	(38)
带钢冷轧机轧辊的材质和寿命	(57)
关于冷轧工作辊的寿命	(72)
冷轧用工作辊的表面糙化	(93)
乳状液—蒸汽雾化热轧润滑法	(107)
现代带钢热连轧机精轧机座的轧辊规范	(119)

带钢热轧机粗轧工作辊的材质和寿命

一、前言

带钢热轧的粗轧机有二辊和四辊两种。虽然，这两种轧机工作辊的辊面糙化和磨损都影响到后面精轧机工作辊的辊面糙化和磨损，对钢板质量影响很大，但是，也有仅因粗轧机工作辊的辊面糙化和磨损对钢板质量有很大影响的情况。最近，对粗轧机工作辊进行了各种试验，概述如下。

二、二辊粗轧机用工作辊（RR轧辊）

RR轧辊由于处于热连轧设备的最前面，对辊面的糙化和磨损量不十分重视，与初轧机用的轧辊相同。

但是，为了增加轧钢量，要增加轧制负荷和轧制速度，则辊面糙化和磨损成为大问题，不用说最初的铬—钼特殊钢轧辊，就连为提高耐糙化性和耐磨性研制的球墨铸钢轧辊，也由于辊面糙化而造成严重伤痕，使钢板表面产生鳞状折迭。

照片1—6（略）为各种辊面糙化状况，其特点如下：

（1）照片1为合金铸钢轧辊的裂纹，是合金铸钢特有的带状热裂纹，其两侧凸起，而且由于裂纹中夹进轧材氧化铁皮而显著地凸起。

（2）照片2为合金铸钢轧辊龟裂的两侧剥落的情况。

（3）照片3为石墨铸钢轧辊的龟裂，尤其在交叉点与照片1大体相同，但凸起小些。

（4）照片4为石墨铸钢轧辊的气孔，以气孔为起点在其周围产

生的裂纹；逐步地发展成为大的空穴。

(5) 照片5为石墨铸钢轧辊的块状石墨脱落后成与(4)同样的状况。

(6) 照片6为石墨铸钢轧辊鬼钱(偏析带状缺陷)突出的状况,使轧材产生下凹缺陷。

照片1、3是RR轧辊特有的辊面糙化状况,其他轧机没有这种现象,所以对钢板的危害最大,其中裂纹中夹进氧化铁皮造成锋利的凸起是最坏的状况。

在钢板上造成的缺陷示于照片7(略)。

图1、2、3为产生缺陷的经过及裂纹的断面,裂纹中夹进氧化铁皮的状况。

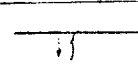
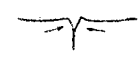


阶段	横断面	说明
1		产生细条状热裂纹
2		因加热和冷却产生的热胀应力和压缩应力引起两侧凸起
3		由于带钢卡在轧辊表面产生凸起
4		由于氧化铁皮脱落辊面引起的凹痕

图1 表面龟裂发展情况

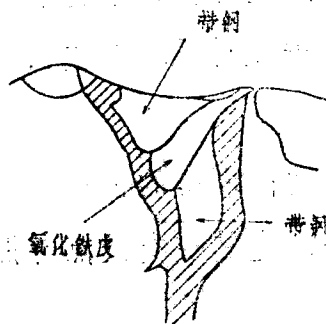


图2 轧辊裂纹的横断面

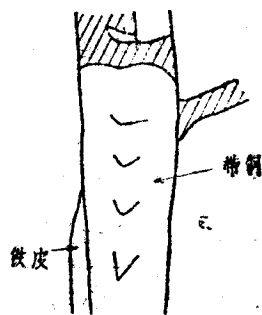


图3 轧辊裂纹的横断面

对于这些轧辊，依次地采取缩短换辊周期，增加轧辊冷却水量，增加轧辊切削量，进一步改变材质等措施。关于材质方面分为一期、二期进行叙述。

1. 第一期措施

从初期的辊面糙化情况看，断定对于特殊铸钢辊，锋利的裂纹是其原因，尤其带状裂纹如初轧辊上所验证的那样形成深的裂纹，导致断辊，因而改良是困难的。与此相反，球墨铸钢辊，铸造上的缺陷是造成糙化的主要原因，所以改良是完全可能的，因而第一期对球墨铸钢采取如下措施。

(1) 将含碳量统一提高到1.3—1.4%，增强了对于因热应力引起的表面层的阻力。

(2) 一部分是采取将含铬量提高至0.9%，提高了石墨的稳定性和耐磨性。

(3) 改进精炼、造形方法，以及部分地将含硅量减少0.2%的方法，以消除气孔、鬼线以及使石墨形状稳定。

将改进的轧辊与初期轧辊的化学成分和机械性能列于表1。

改良后的轧辊的使用情况，如照片8—15(略)所示那样，裂纹的两侧没有凸起，辊面呈现龟裂和没有锋利凸起的杉皮状的糙化基本上达到了初期的要求。

但是，在取得这好的成绩背后，却如下面(4)(5)那样，在轧辊单耗和生产率方面作了很大的牺牲。

(4) 由照片10、13、15可知，每次切削时，在辊身的中央部位进刀切削，在确定裂纹深度的基础上，将裂纹完全切削掉。为此，将每次切削量由原来的7毫米增加至12~15毫米。

(5) 精加工辊面，由车床改为磨床。

初期和第一期RR轧程的材料性能

表 1

分 类	材 料	化 学 成 分, %						材 料 性 能				生 产 轧 制 结 果 日 期 吨/毫米				
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	抗拉强度 公斤/毫米 ²	延伸率 %		断面 收缩率 %	冲击硬 度 H _s		
初 期	合金铸钢	1.03	0.43	0.54	0.013	0.009	—	0.87	0.33	106	9	8	—	41	63—5	22400
	合金铸钢	0.75	0.45	0.67	0.016	0.008	0.57	0.49	0.24	73	19	20	4.4	34	67—5	6000
第 一 次 试 验	合金铸钢	0.65	0.45	0.69	0.009	0.008	0.62	0.52	0.33	71	10	22	—	35	67—11	6200
	球墨铸钢	1.20	1.48	0.70	0.017	0.010	0.60	0.49	0.33	71	4	5	0.6	35	65—7	6000
第 一 次 改 进	球墨铸钢	1.28	1.51	0.64	0.015	0.007	0.55	0.47	0.35	66	3	3	0.6	37	67—7	7100
	球墨铸钢	1.26	1.45	0.70	0.016	0.007	0.57	0.89	0.38	63	1	2	0.3	37	69—1	8300
	球墨铸钢	1.31	1.51	0.68	0.013	0.008	0.57	0.92	0.34	64	2	2	0.3	37	69—7	8500
	球墨铸钢	1.34	1.64	0.40	0.016	0.010	—	0.30	0.16	73	7	8	—	34	68—11	8300
	球墨铸钢	1.42	1.57	0.72	0.007	0.011	0.29	0.39	0.86	71	6	7	—	34	69—4	8950

另外，球墨铸钢的特点是咬入卡钢时产生如照片 14、15（略）所示那样的深的裂纹，以致使切削量甚至达到 100 毫米，使轧辊寿命缩短一半。

2. 第二期措施

第一次改良的轧辊，咬入时的耐热性方面仍有很大缺点，而且在辊径小时仍然产生气孔和鬼线，所以克服这些是必要的。加之有以下的要求：

（1）带钢形状稳定，以防止带钢出现波浪皱等问题。

（2）轧辊编组使用时间长，以减少换辊频度，提高作业率和减少轧辊准备时间。

按上述要求，耐磨性又重新成为问题，第二期措施采用了“轻锻造半钢”和“复合铸钢”。这两种轧辊的化学成分、机械性能列于表 2 中。

轻锻造半钢辊和复合铸钢辊的性能

表 2

材 料	化 学 成 分							材料性能			生 产 期 限	轧 制 结 果 吨/毫米
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	抗拉强度	延伸率	硬度 Hs		
轻锻造半钢	1.30	0.55	0.83	0.014	0.014	1.27	0.36			38	69—8	15000
复合铸钢	Cr—Mo—V 铸铁 130									63	69—9	21500

轻锻造半钢轧辊，是以小锻造比锻造半钢，作套筒式 RR 轧辊的套筒。这种套筒式轧辊在精轧机组前后轧机上采用过，但初次在 RR 轧辊上试用。

使用后的辊面如照片 16—19（略）所示，呈现轻度杉皮状或龟甲状，表面良好。一次换辊可轧制二十八万吨。辊面磨损情况如图 4 所示，与第一次改良后的球墨铸钢轧辊相近，因此，每次换辊轧制限度可为二十一万吨。

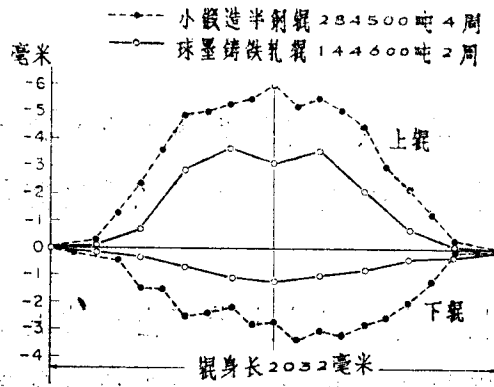


图 4 R-2机架磨损曲线

复合铸钢是比较新的材质，用冲洗法生产轧辊。

复合铸钢已用作初轧机轧辊和厚板粗轧机轧辊，而在RR轧辊上只进行了试用，但使用后的辊面如照片20—23（略）所示，呈现细小杉皮状或龟甲状，极为良好。

另外，如照片21（略）上所见到的，磨削4毫米基本上可消除裂纹，磨损也少，因此与每次切削量为14毫米的小锻造半钢辊相比，复合铸钢辊每次切削量不超过10毫米，可望能延长轧辊寿命。

将以上各种轧辊的使用效果列于表1、表2的右项中，其他公司的情况列于表3中。表1中原有轧辊的使用效果，是投产时的数据，由于当时对辊面的判断标准与现在不同，所以换辊时间不一样，难以判定寿命的长短。除初期轧辊的使用效果外，第二期改进轧辊与初期改进轧辊、第一期改进轧辊相比较，使用效果有大幅度提高。如再加上增加冷却水量、改进切削方法、很好地使用的话，估计能进一步提高使用效果，满足各种要求。

复合铸钢RR轧辊在其他工厂使用情况

表 3

材 料	使用次数	轧钢量	使用直径毫米	吨/毫米	毫米/一次换辊	吨/一次换辊	硬 度 H _s	注
复合铸钢	2	177000	3.5	50571	1.75	88500	57~61	细的六角形龟裂
合金铸钢					4.5	32000	35~41	
复合铸钢	6	390000	24.8	15725	4.13	65000	54~58	细的六角形龟裂
合金铸钢					10.0	65000	35~41	

三、四辊粗轧机用工作辊 (RW代表56吋轧机, HR代表80吋轧机)

四辊粗轧机的工作辊, 虽然由于冲洗铸铁轧辊的发展有很大改良。但如图 5 所示, 用含镍细晶粒铸铁轧辊, 如果磨损大、使用时间长的话, 恐怕会使带钢形状不稳定, 因此不能说是满意的。另外, 使用这种轧辊时的支承辊的磨损也和精轧前段工作辊一样, 意外地大, 如图6所示不能说对轧制作业有好的影响。

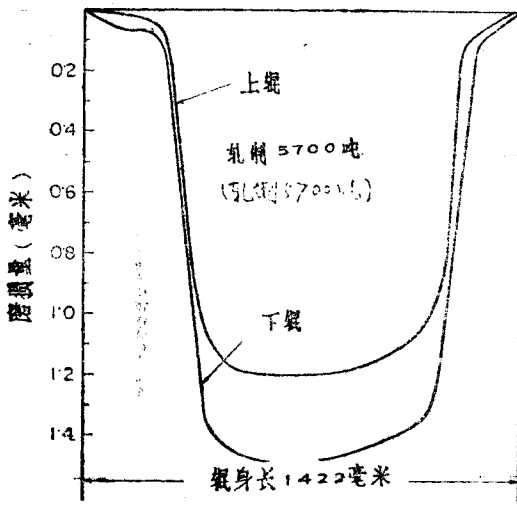


图 5 RW轧辊的磨损曲线

1. 使用半钢轧辊

使用精轧前段机架上所采用的半钢轧辊, 代替含镍细晶粒铸铁轧辊。

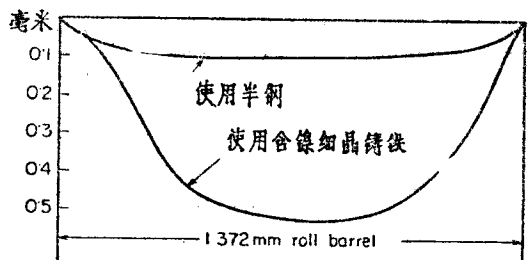


图 6 使用不同材质工作辊时支承辊的磨损曲线 (F-3 轧机的下辊, 轧制3500吨)

这种轧辊的特征是：(1) 辊颈强度大，(2) 板坯的咬入性能好，(3) 耐磨性好，(4) 耐粗糙性良好，(5) 支承辊的磨损小（参照图6）。但与硬度为Hs65—70的含镍细晶粒铸铁轧辊比，半钢轧辊的硬度为Hs 50左右，非常之低，所以产生如照片24（略）所示那样的下凹缺陷。

2. 试用高硬度半钢轧辊

为了解决半钢轧辊硬度太低的问题，这次新试验，试用硬度为Hs60—65的高硬度半钢轧辊。

将这种轧辊的化学成分和机械性能与原有的各种轧辊作一比较，列于表4中。

RW 轧辊的化学成分和材质性能 表4

材 质	化 学 成 分									材 质 性 能				
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	抗拉强度	延伸率	断面收缩率	冲击韧性	硬度 Hs
含镍晶粒铸铁	3.3	1.0	0.60	0.07	0.03	0.03	4.5	1.5	0.3	~28	0.3	—	—	65
半 钢	1.47	0.49	0.80	0.03	0.009	—	—	1.09	0.6	56	0.2	2	0.9	51
高硬度半钢	1.4	0.6	0.80	0.02	0.01	—	1.0	1.0	0.3	56	2.5	2.0	1.1	65

(1) 在56吋（1422毫米）粗轧机上的试用结果（RW）

将高硬度半钢轧辊和含镍细晶粒铸铁轧辊的试验结果，换算成轧制六千吨时的磨损量，列于表5中，其图示见图7。

RW 轧 辊 的 磨 损 量 表5

磨损量，毫米/6000吨	高硬度半钢轧辊					含镍细晶粒铸铁轧辊			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
上 辊	0.9	1.4	1.0	1.4	1.4	2.8	1.0	0.9	1.5
下 辊	0.75	1.5	0.8	1.5	1.1	2.0	1.3	1.85	1.2

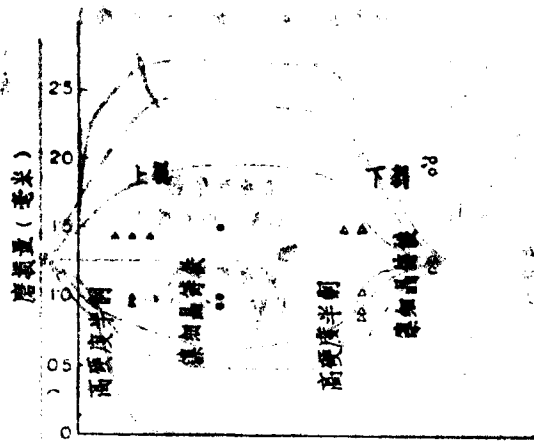


图 7 不同材质的RW轧辊的磨损量

辊面状况见照片25、26（略），含镍细晶粒铸铁轧辊整个辊面呈现全面的粗的梨状，平滑部分少。可见到实际磨损的样子。然而，高硬度半钢辊的表面有均匀而细小的发裂，均匀地覆盖着黑皮，辊面十分良好。

（2）在80吋（2032毫米）连续式粗轧机上的试用结果（HR）在这种轧机上的结果是，因冷却水量的不同，辊面差别很大。

也就是每轧制一吨，如用 0.52 米^3 冷却水，试验结果见照片27（略），看到了清晰的带状氧化铁皮产生的伤痕并直接印在钢板上的不利影响。但每轧制一吨的冷却水量如增加到 0.62 米^3 ，辊面如照片28（略）所示极为良好，磨损也如图8所示，为含镍细晶粒铸铁轧辊的30—40%，效果很好。

3. 小结

在80吋轧机上的使用效果，含镍细晶粒铸铁轧辊为5200吨/毫米，而高硬度半钢轧辊为21000吨/毫米，效果显著。但是，如前所述，半钢轧辊受水量和水压的影响很大，微小的差别，立即会引起显著的辊面粗糙，这是存在的问题。

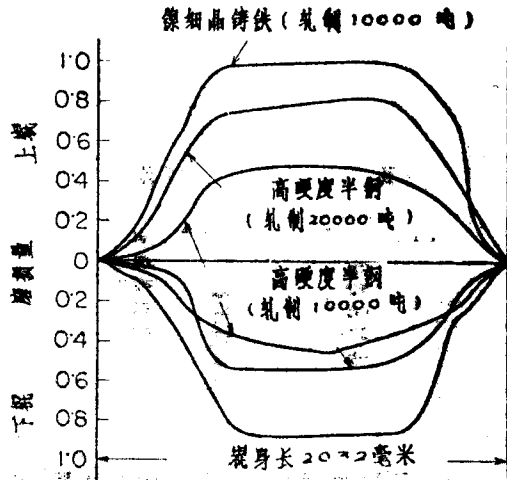


图 8 不同材质的HR轧辊的磨损曲线

对于增加小时轧制量而言，仅仅增加冷却水量，要使轧辊有效地适应轧制量的增加不是容易的事，所以仅以这种资料来谋求延长轧辊寿命是不可能的。

今后，必须综合考虑材质、轧辊冷却水量和压力，来确定提高轧辊寿命，以达到初期的目的。

译自日本《铁と钢》，1971年第5期

带钢热轧机工作辊使用情况

内容提要 带钢热轧机轧辊的质量对带钢表面状况及轧机生产能力都有重大的影响。另外，轧辊费用占带钢总生产费用的重要部分。为了能经济地生产，必须改进轧辊质量和更有效地使用轧辊。

为此，本文介绍采用的一些措施及热轧带钢轧机工作辊使用的结果。

一、前言

轧制薄板的轧辊材质种类很多，被轧钢板种类及轧制方法也是各种各样的。

近来，由于生产高质量产品的要求，轧制作业条件日趋严格。轧辊质量好坏对钢板质量、轧机生产率及作业率影响很大。断辊、剥落及其它缺陷引起的故障不仅打乱生产程序，而且使生产率降低，轧辊费用增加。因生产薄板费用中轧辊费用占的比例很大，因此合理使用高性能轧辊是极重要的。

尽管产生轧辊事故的原因及防止措施是很多的，但是轧制中减少弯斜 (Cobble) 等异常操作、分析研究轧制中轧辊出现的种种现象和选择适合于轧制品种的轧辊材质，对提高产品质量和生产率及降低生产费用是极为重要的。以下概述京滨制铁所68吋半连续带钢热轧机工作辊的材质及延长轧辊寿命 (降低轧辊单耗) 的措施。

二、关于材质的情况

1. 粗轧机工作辊

可逆式粗轧机过去是使用冲洗法铸造的镍铸铁轧辊(硬度Hs 66~74)或球墨铸铁轧辊,这种轧辊产生铁皮斑带,造成不均匀延伸和操作上的障碍。为此轧机方面采取了各种措施,作业方法也作了部分改善,而使这种缺陷减少了。可是,后来为了提高生产率由于板坯尺寸、轧制节奏高的关系,而引起轧辊打滑,造成种种故障。

后来,高碳(1.4~1.8%)铬钼钢轧辊(硬度Hs 45~50)引起了人们的注意。使用试验结果,没有因铁皮斑带造成轧材不均匀延伸的问题,轧制操作进行得很顺利,轧材打滑问题也几乎没有了。

最近,为了减轻轧辊压痕和磨损,正在试用各种高硬度的轧辊(硬度Hs50~55)。主要的有下面几种:

①半钢高硬度轧辊

②合金半钢轧辊

③复合铸钢轧辊。

粗轧机工作辊材质变化及其存在问题

低合金冲洗法铸造的镍铸铁轧辊(硬度Hs55~60)

↓
高合金冲洗法铸造的镍铸铁轧辊(硬度Hs66~74)

↓
球墨铸铁轧辊(硬度Hs62~70)

↓
高碳铬—钼钢(半钢)轧辊

↓
硬度(Hs45~50)

↓
(Hs50~55)

各种材质各有下述的优缺点,但总的说半钢轧辊是最好的。

低合金铸铁辊 ①易产生铁皮斑带,表面糙化程度大。

高合金铸铁辊 ①部分产生铁皮斑带。

- ②钢板咬入不好，轧制中易打滑（照片1略）。
- 球墨铸铁轧辊 ①钢板咬入不好，轧制中易打滑。
- 半钢轧辊 ①不产生铁皮斑带。
- ②钢板咬入良好，不易产生打滑。
- ③冷却水消耗量比其它辊大。

2. 精轧前段轧机工作辊

它和粗轧机一样过去是用冲洗法铸造的镍铸铁轧辊（硬度Hs69~75）或球墨铸铁轧辊（Hs69—75），虽然铸铁轧辊的石墨颗粒能防止热裂，但是会引起打滑促进表面糙化，成为产生铁皮缺陷（或散砂状铁皮）的原因。

精轧前段轧机工作辊表面粗糙，会直接影响成品质量，因此曾把1、2号机架轧辊的材质改为钢系的（半钢），后来又把3号机架上用的铸铁辊改为钢系轧辊，直至今在。

钢系辊较早开始产生龟裂，但比较浅，不久铁皮薄膜沿圆周方向剥落成流星状的就需换辊（照片2，略）。但是施加充足的冷却水的话，它的换辊周期要比铸铁辊长。

另外对钢系轧辊进行这样改良，在980~1050℃下，作高温扩散处理，使铸造组织网络状碳化物球化。改良后的轧辊与改良前的相比，糙化程度改善了，而且减少了流星状表面糙化。

由于上述热处理方法的改进，钢系轧辊表面糙化情况得到很大程度的改善，但是基于巨大碳化物的完全固溶和铸造缺陷会出现微小的空穴和热疲劳龟裂，为了积极防止这东西产生，试用轻锻轧辊，收到了良好的效果。

另外，近年为了提高热轧带钢用轧辊的耐磨性和生产率，对轧制润滑油很关心，进行大量在线试验，对实际应用也进行了试验研究。

此外，把含0.5~0.8%碳，3~10%铬等的特殊成分作外层，可以改善氧化铁皮的生成倾向、提高耐表面糙化的性能和确保耐磨性，为了提高轧辊寿命，预计不久的将来高合金耐热轧辊（硬度Hs57—63）也将在实际操作上使用。

3. 精轧后段轧机用工作辊

精轧后段轧机由于轧件温度比较低，为了易于控制形状和提高产品表面的性能，使用了冲洗法铸造的辊身表面硬度高的镍高合金铸铁轧辊。

轧制操作中钢板的弯斜、缠辊是形成异常冲击的直接原因，而造成裂纹、剥落等损坏。由于轧辊制造技术水平的提高和轧辊使用方法的改善及轧制技术的提高，因此最近因卡钢引起的问题极少了。

据后工序冷轧方面的要求，生产形状稳定的钢卷时，为了提高热轧的作业率和生产率，把轧辊硬度从Hs78±3增到Hs81±3，平均增加3，目前已进一步增到Hs83±3。

过去用的高合金铸铁轧辊，由于金属模的急冷作用使轧辊表层树枝状晶发达，沿着这树枝状晶有产生石墨的倾向。钢板弯斜产生的裂纹、剥落和热龟裂，由于会沿着树枝状晶发展，所以不好。为了改善组织，要使石墨变微细和增加粒数而分散在组织中。

最近，高碳（0.5~0.8%）钢板的需要量增加，用过去的铸铁轧辊有轧材尾印和辊面变粗的问题。轧辊表面粗糙、磨损不仅与轧辊硬度有关，而且与组织中析出的石墨量及其粒径有关。为解决这样的问题，至今多数使用半冷硬轧辊，得到了良好的结果（照片4，略）。

对于铸铁轧辊，过去一直把重点放在防止裂纹和剥落等问题上。预计今后将大量试用耐磨性好、能满足产品表面、形状要求的轧辊（照片，3略）

粗轧机和精轧机工作辊的材质变化情况列在表1。

工作辊材质变化情况

表 1

年 份	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
粗轧机工作辊	时常发生铁皮斑带				采用铸钢轧辊						
	硬度：使用铸铁或球墨铸铁辊 H _s 66—74 H _s 62—70				硬度：H _s 45—50 H _s 50—55						
精轧前段轧机 工作辊	磨损严重			使用铸钢辊		采用铸钢轧辊					
	硬度：使用铸铁或球墨铁辊 H _s 69—75 H _s 69—75				部分使用轻锻轧辊 使用废辊 硬度：H _s 47—52						
精轧后段轧机 工作辊	使用铸铁辊				H _s 78— 84°		部分使用半冷 硬轧辊				
	硬度：H _s 75—81°				硬度：H _s 80—86						

三、单耗变化概况

由于轧辊费用占制造费用的比例很大，因此有必要经常研究轧辊使用条件和轧辊磨削余量，把提高轧辊质量和作业效率放之首位。

1. 增大轧辊使用直径

在不受轧制设备限制的范围内，轧辊购入直径要尽可能大，报废直径要小。为此，对新辊直径和报废直径作了多次变更，变更结果如下面所述。这样能降低轧辊单耗，延长每一根轧辊的寿命，大幅度增加轧制吨位。

该厂计算单耗用下面公式：

$$\text{单耗 (Kg/t)} = \frac{\text{轧辊重量 (Kg)}}{\text{t/mm} \times \text{利用直径 (mm)}}$$

Kg/t：轧制一吨钢板轧辊消耗量（公斤/吨）

t/mm：轧辊每一毫米的轧制吨数（吨/毫米）