

轧辊译文集

(二)

6.904/17.05

冶金部情报标准研究所

一九七六年一月

目 录

复合轧辊的浇注设备和方法·····	(1)
生产复合铸造轧辊的方法·····	(5)
铸造轧辊的方法·····	(19)
复合铸钢的铸造装置·····	(21)
轧钢用复合轧辊及其制造方法·····	(27)
冷轧用的冷硬铸铁复合轧辊·····	(32)
延长轧辊寿命和改善轧辊其使用状况的差温热处理·····	(36)
用机械热处理法提高轧辊寿命·····	(45)
冷轧机工作辊和平整辊的淬硬方法·····	(52)
预应力铸铁轧辊·····	(55)
修复轧辊使轧钢厂减少轧辊费用·····	(60)
轧辊修旧利废问题·····	(61)
钢轧辊表面堆焊的发展·····	(71)

复合轧辊的浇注设备和方法

专 利 申 请

铸造外层为硬质材料、辊芯为软质材料的复合轧辊用的设备，由形成下辊颈的下砂箱、位于下砂箱上的辊身冷型以及置于冷型上形成上辊颈的上砂箱组成。金属从下砂箱侧面的浇注管（漏斗形浇口杯）经切线浇口注入下砂箱。下砂箱有一个可关闭的水口。其特点是：下砂箱3底板附近装有一个滑动闸板11，下砂箱安置在水口支架4上，在水口支架的下面，放置一个钢水包（或铁水包，下同）12。

2.根据专利申请1提到的设备，铸造复合轧辊采用的工艺特点是：闸板关闭后，外层金属经浇注管（漏斗形浇口杯）浇入轧辊型腔，直至浇满辊身高度，在凝固到所要求的外层厚度以后，打开闸板，让多余的外层金属流入钢水包中，随后关闭闸板，辊芯金属同样经漏斗形浇口杯浇入。

3.关于专利申请2的工艺方法，要加以说明的是：在多余的外层液体金属排出时，要向排空的轧辊型腔中吹入惰性气体。

4.根据专利申请2或3的工艺方法，要加以说明的是：回收在钢水包中的外层金属，稍稍加热之后，即可浇注下一个复合轧辊。

本发明是关于铸造外层为硬质材料、辊芯为软质材料的复合轧辊用的工艺和设备。

这种铸造设备通常由形成下辊颈的下砂箱、位于下砂箱上的辊身冷型以及置于冷型上形成上辊颈的上砂箱组成。钢水从下砂箱侧面的浇注管（漏斗形浇口杯）经切线浇口进入下砂箱。下砂箱上有一个可关闭的水口。浇注方法原则上是这样的：首先将形成硬质外层的金属浇入型腔，直至略高于辊身的高度，经过一定时间凝固以后，浇入软质辊芯金属取代尚未凝固的外层金属。辊芯金属可用不同的方法浇入。

由西德第656221号专利可知，下砂箱上装有一个塞棒，它靠穿过整个型腔并且可取出来的塞棒芯杆操作。在外层凝固到要求的厚度以后，将尚未凝固的多余的外层金属，通过打开塞棒向下流出。同时，以上面向下浇入较软的辊芯金属。外层金属直接流入位于下砂箱的下面，且跟下砂箱的水口封闭相连的钢水包中。钢水包的大小，正好能容纳自型腔流入的外层金属。在阀门关闭的情况下，要在轧辊型腔浇满金属后，才能从型腔中拔出塞棒。

这种操作方法有很多的缺点：首先是在轧辊铸型的下砂箱和钢水包之间很难实现完全密封，它的坏处主要是排出的外层金属在包中会凝固成块，在浇注下一个轧辊时必须再熔化，因此需要消耗能量；另外，由于外层的优质金属在型腔中直接跟后浇入的质量较差的辊芯金属接触，使优质金属质量恶化，在继续应用这种金属浇注下一个轧辊以前，

还必须再处理。

而且,使用普通铸钢包的塞棒操作有极大的缺点:一是从型腔中取出细长的塞棒操作困难;二是塞棒在相当窄小的下辊颈区域常常有冻结的危险。这种塞棒不能允许剩余的外层钢水快速排出来。但是,人们又希望外层钢水能快速排出来,这一方面是为了使已形成的外层不致强烈冷却,以使外层金属跟辊芯材料能很好结合;另一方面是为了使排入包中的外层剩余金属,继续用来浇注下一个轧辊时,能具有尽可能高的温度。但是考虑到塞棒头部与辊颈砂箱之间的断面过小时,有冻结的危险,因此,人们把塞棒的直径做得不太大。在这种情况下,打开塞棒的抽力也要增大。采用特别牢固的夹紧装置,必然使工艺上的附加费用增加。此外,为了浇注辊芯金属,用塞棒再次关闭铸型,是完全不可能的,或几乎不可能的,因为随后塞棒还必须从辊芯金属中再次拔出来。在这种情况下,为了再次关闭铸型,常常需要一些附加设备。

由西德生产复合轧辊的第477287号专利说明书得知生产复合轧辊的另一种方法,该法采用底部无水口的轧辊铸型进行浇注。在这种生产方法中,尚未凝固的外层金属是被辊芯金属冲洗出来的,而辊芯金属也是经浇注管(漏斗形浇口杯)由下面经下砂箱浇注的。这样一来,不仅多余的外层金属向上排出并溢入包中,而且相等数量的辊芯金属在铸型中进行冲洗,通过与外层金属混合,使辊芯金属达到理想的成分。

该法还会使流出的外层金属的质量严重地恶化,以致无法用它来浇注下一个轧辊。如生产高锰轧辊,则需要更大量的辊芯金属去冲洗。此法也不能获得均质的辊芯。

后来,由奥地利第207053号专利说明书得知,他们采用一个滑动闸板作为浇注包的底部水口。

另外,从英国1116218号专利说明书得知,他们在浇注管子时,把惰性气体通入到空的铸型中。

本发明的任务是,创造一种铸造复合轧辊用的设备和工艺:这种设备和工艺可以避免已知的那些设备和工艺的缺点,并在设备费用较低的情况下,使工艺流程合理化;在排除了冻结的危险和解决了密封问题的情况下,确保多余的外层金属快速放出,同时保证外层金属的成分不变化,能够再用来浇注下一个轧辊。

本发明从一开始就提到的铸造设备为基础。该设备由构成下辊颈的下砂箱、位于下砂箱上的冷型以及置于冷型上形成上辊颈的上砂箱组成。金属从下砂箱侧面的浇注管(漏斗形浇口杯)经切线浇口进入下砂箱。下砂箱有一个可关闭的水口。

根据本发明,所采用的设备是靠近下砂箱底板有一个滑动闸板。下砂箱支承在水口支架上,该支架下面放一个钢水包。

按照本发明,铸造复合轧辊的工艺是:在闸板关闭后,外层金属经浇注管浇入型腔,直至浇满辊身高度,在凝固到所要求的外层厚度后,打开闸板,把尚未凝固的多余的外层金属排入钢水包中,随后,再关闭闸板,辊芯金属同样经浇注管浇入。

实际上,在采用滑动闸板的情况下,通过闸板的流体断面的大小即可不再加以限制,因此,尚未凝固的外层金属能快速从型腔中排出,同时热耗又较小,可避免在水口处冻结。由于闸板完全能够再次关闭,故在下砂与钢水箱包之间,不需要其它密封系统或密封机构。

按照本发明,多余的外层金属的排出与金属辊芯的浇入截然分开,避免了外层金属质量的恶化,因而能够利用排出来的稍许冷却的外层金属。这些金属在工频感应炉中稍稍加热后,可立即用来浇注下一个轧辊。

多余的外层金属能快速排出,辊芯金属随后浇入,因而,避免了已凝固的外层较快的冷却,使外层与辊芯能良好地结合。辊芯金属也要从浇注管经切线浇口进行浇注,这一点很重要,其目的是通过金属的旋转运动,使外层内表面更好地熔化,使可能会形成的氧化物从顶端被冲洗出来。

本发明的另一发展是,在排出尚未凝固的外层金属的过程中,把惰性气体通入排空的型腔中,以防止已凝固的外层内表面氧化。

在浇注复合轧辊时,以容易操作的滑动闸板代替难于操作的塞棒,不仅使多余的外层金属能较快地排出来,而且能使铸造过程进一步实现机械化。在多个铸型并存逐一进行浇注的情况下,能够安装一台共用的液压控制设备,通过按钮控制滑动闸板的开和关,因而,比以往的浇注方法铸造得快一些。回收排出的、成分不变化的外层金属,可大大降低成本。

按照本发明的铸造设备实例,绘制纵剖面图(见附图)。

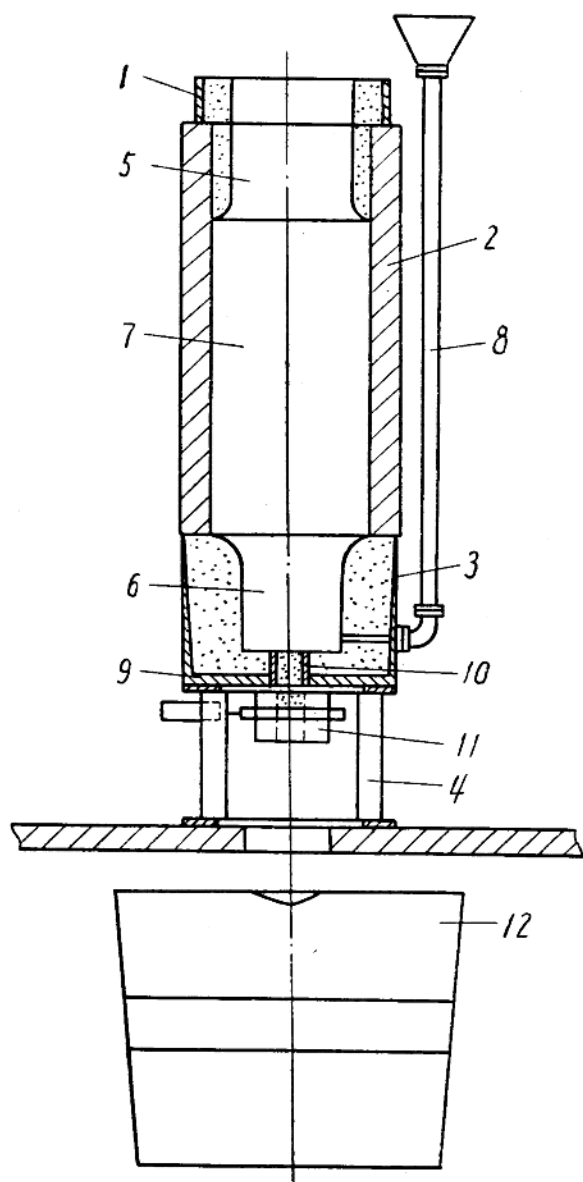
轧辊铸型由形成下辊颈6的下砂箱3、位于下砂箱上的形成辊身的冷型2以及置于冷型上形成上辊颈5的上砂箱1组成。

下砂箱3支承在水口支架1上。浇注管(漏斗形浇口杯)8从下砂箱侧面经切线浇口通入下砂箱。

在下砂箱3的底板9上嵌入浇口砖10。浇口砖10通过砌耐火材料内衬的滑动闸板11关闭,滑动闸板的开和关由液压缸控制。浇口砖10和滑动闸板11向着浇口砖的那一面填入适宜的耐火材料。

水口支架1下面放着一个钢水包12。

在浇注复合轧辊时,外层金属经浇注管8浇入型腔中。在凝固到所要求的外层厚度以后,尚未凝固的外层金属经闸板11的水口排入钢水包12中。随后,关闭闸板11,辊芯金属也同样从浇注管8浇入。在排出尚未凝固的外层金属期间,将惰性气体从上部通入排空的轧辊型腔中。



译自西德第 175826 号专利

生产复合铸造轧辊的方法

复合铸造轧辊包括用具有优异轧制性能的钢做的外层、用钢或高韧性的铁做的辊颈和放置在外层和辊芯之间的圆筒形隔套，三部分彼此结合成一体，然后进行热处理以达到外层和辊芯要求的性能。

发明的背景

1. 发明的范围

本发明是关于轧机用的复合铸造轧辊。

2. 以往技术的叙述

轧辊主要是通过把金属液浇注到所要求的轧辊形状一致的铸型中以整体形式生产的。自然，轧辊根据其种类的不同，需要有不同的性能。但是不管什么类型的轧辊，都毫无例外地要求高的耐热裂性、耐磨性、抗剥落性、抗表面粗糙和抗断裂性能。因此，制造轧辊的材料应具有这些性能。

高合金铸钢可堪称能满足上述这些要求的材料，但是，一般说来，由于高合金铸钢的铸造性能不好、整体铸造的轧辊有发生内部缩孔和內裂的倾向。而且当铸钢是高碳钢，同时镍、铬、钼等这类合金元素的含量也较高时，上述这些缺陷更为明显。实际上，通过本专利发明者的试验，大家已经公认：用含0.2~2.6%碳和5%或更多的合金元素的铸钢极难生产直径为800毫米或更大的轧辊。而且由于热处理问题，采用这种铸钢生产实用的轧辊根本是不可能的。从经济观点看，采用高合金铸钢生产整体轧辊也是不合理的。

在这种情况下，已经采用铸造性能好且相当便宜的普通钢和低合金钢。但不能认为这种材料完全满足了轧辊所要求的所有性能。例如，板坯初轧机轧辊和方坯初轧机轧辊，通常用含0.6~1.2%碳、0.4~2.0%铬、0.2~0.6%钼、0.4~1.2%镍、0.4~1.1%锰、0.3~1.0%硅，其余为铁的低合金钢铸造，铸出的轧辊要经过热处理。这样生产的轧辊硬度为Hs27~40。但过去常常有这样的经验，即在轧制期间，与热钢锭接触的轧辊表面产生热裂，而此种热裂则是引起轧辊折断的原因。

上述板坯和方坯初轧机轧辊要求的主要性能是耐热裂、耐磨和抗折断。但是，这些性能与硬度和强度是矛盾的，因此，整体铸造的轧辊要同时具有所有这些性能几乎是不可能的。

另一方面，用含1.0~2.4%碳、1.0~2.0%铬、≤1.5%镍、0.2~0.5%钼，其余为铁的低合金钢生产热轧用的整体铸造工作辊，其硬度为Hs45~55。但是，这种工作辊在组织中存在有会导致热裂的粗大碳化物，而热裂将过早地使轧辊表面粗糙。热轧用的工作辊主要要求耐热裂、耐磨和抗表面粗糙，但整体铸造的工作辊根据它的化学成分不可能同时具有所有这些性能。

此外，在对耐磨和抗剥落性能有特殊要求的支撑辊的情况下，已经知道必须尽量地增大硬度，但增大硬度受到一定的限制，因为如果用高合金钢来增大整体铸造的支撑辊的硬度，会使铸造和热处理的操作都产生困难。为此用含0.1~1.2%碳、1.0~3.0%铬、0.3~0.6%钼、≤2.0%镍，其余为铁的合金钢来制造支撑辊。因为用的是这种成分的合金钢，所以生产出来的支撑辊，硬度不高于Hs65，易磨损和剥落。

鉴于上述原因并根据耐热裂、耐磨、抗剥落、抗表面粗糙和抗折断所要求的轧辊外层厚度应为轧辊使用厚度的1.1~3倍这样的事实，考虑到轧辊的安全因素，轧辊的外层厚度，对于带钢热轧机工作辊为30~100毫米，支撑辊为100~250毫米，板坯和方坯初轧机轧辊为100~300毫米。在铸铁轧辊领域内，已经开始生产复合轧辊。这种类型的铸铁复合轧辊用含有相当高的合金元素的铸铁做外层，用普通铸铁或球墨铸铁做辊芯，镶套轧辊或辊套和辊芯用机械方法组合在一起的组合式轧辊目前都是可取的。

但是用高合金铸钢做外层，用普通铸铁、普通铸钢或低合金钢做辊芯的复合轧辊已经不采用了。原因如下：铸铁复合轧辊的生产过程通常是把铁水浇注到与复合轧辊形状一致的铸型中，等到紧靠铸型内表面的那部分铁水，即构成复合轧辊外层的那部分铁水已经凝固，再排除铸型中心部分未凝固的铁水，为形成复合轧辊的辊芯作准备，最后将形成辊芯的液体金属浇注到未凝固的形成外层的金属所围成的空腔中。但是，高合金铸钢的浇注温度很高，很难调整到合适的浇注温度，而且高合金铸钢的凝固速度很高，以致极难排出中心部分的钢水以形成均匀的外层。

用含有相当多的合金元素的铸铁制做外层的复合铸铁轧辊，在韧性方面不如整个外层用高合金铸钢制做的复合轧辊，不能用于要求能在严酷的轧制条件下操作的现代化轧机中。因此，铸铁复合轧辊的使用范围，在很大程度上受到限制。

“高合金钢”一般是指含0.2~2.6%碳和合金元素总含量为≥3%的钢；“低合金钢”是指钢中合金元素总含量小于3%的钢；“普通钢”是指合金元素仅作为夹杂物的钢；“普通铸铁”是指含3.0~3.6%碳而没有合金元素或者含≤3%合金元素的铸铁。

发明的概要

本发明的目的是提供一种新型的复合铸造轧辊，这种轧辊的外层和辊芯部分彼此被圆筒形隔套明显地隔开。

本发明的其他目的是：

提供用高合金钢制作外层的复合铸造轧辊。

提供外层和辊芯部分彼此牢固地结合在一起的复合铸造轧辊。

提供外层能满足耐热裂、耐磨、抗剥落、抗表面粗糙和抗折断等轧制性能而辊芯具有高韧性的复合铸造轧辊。

提供用高合金铸钢制做外层的生产复合铸造轧辊的特殊方法。

本发明制做的复合铸造轧辊是由具有优良轧制性能的钢外层和高韧性的辊芯组成的。外层和辊芯通过中间的圆筒形隔套彼此冶金地结合在一起，从外层的外表面而至少到紧靠圆筒形隔套部分的整个厚度内的硬度基本上均匀一致。

过去认为不能用高合金铸钢制作复合轧辊，但根据本发明，如上所述这种复合轧辊可在外层和辊芯的辊身部分之间放置圆筒形隔套来生产。一种较好的复合铸造轧辊的外层是用含0.2~2.6%碳和合金元素总含量为 $\geq 3\%$ 的高合金钢制成的，辊芯是从低合金钢、普通铸钢和普通铸铁中选取一种制成的。上述外层和辊芯通过中间圆筒形隔套彼此冶金地结合在一起。外层的硬度从其外表面至少到紧靠圆筒形隔套的部分基本上均匀一致。

如上所述，由于这种高合金铸钢的铸造和热处理性能的关系，用它生产直径为300毫米或更大的整体铸造的轧辊几乎是不可能的，但是高合金铸钢且有优越的耐热裂、耐磨、抗剥落、抗表面粗糙和抗折断等性能，而且只是在使用厚度的1.1~3倍的厚度范围内需要具有这些性能，因此，如果整个轧辊仅外层用高合金铸钢制作，不仅在实践上有很大的优点，而且有经济意义。据此，本发明的轧辊外层用高合金铸钢制作，而辊芯可以从低合金钢、普通铸铁和普通碳钢中选一种制成。

但是，如果企图用生产一般铸铁复合轧辊的方法（即将高合金铸钢钢水浇注到和轧辊成品形状相同的铸型中，在形成预定厚度的凝固层以后，从铸型中排除中心部分未凝固的金属，然后浇注构成辊芯的金属液到凝固层所围成的空腔中去）来生产高合金铸钢轧辊，要获得厚度均匀的均质外层是不可能的。因为高合金铸钢的凝固速度非常快，在形成凝固的表面层以后将难以排出未凝固的金属。而且在外层和辊芯的接触面上会产生内部缩孔。因此，本发明不仅用高合金铸钢制作外层，从低合金钢、普通铸铁或普通铸钢中选取一种材料制作辊芯，而且在外层和辊芯之间放置一个圆筒形隔套。

隔套最好是圆筒形的，以使外层的厚度和轧制性能均匀。这个圆筒形隔套与外层和辊芯之间冶金结合并防止外层与辊芯之间产生混合。为使隔套起到这种作用，隔套必须能够与外层和辊芯冶金地结合在一起。业已发现，隔套与外层和辊芯三者之间的冶金结合程度取决于隔套的厚度、成分、性能和表面条件。就实际性能而言，为了能承担其所受的应力，隔套的抗拉强度至少应在30公斤/毫米²以上，而隔套与外层之间冶金结合的径向抗拉强度至少应在10公斤/毫米²以上。

隔套的横截面积最好是为整个轧辊横截面积的2~15%。至于隔套的成分，则是随碳含量的增加，隔套的结合性得到改善，但过高的含碳量会使隔套熔掉，从而使外层和辊芯混合。因此，隔套的制造必须根据外层和辊芯两者的浇注温度和浇注时间来选择。至于表面条件，可以涂上碳或者采用铝来防止隔套的表面形成氧化薄膜。通常隔套的表面可以进行渗碳、渗氮或渗铝等热处理，这对改善隔套的结合性能是有效的。

重要的是，外层硬度从表面至少到紧靠隔套的部分应基本上无降落。这一特点对轧辊在整个使用期间内获得稳定的使用性能是必要的。由于隔套的存在，外层的凝固能够充分地进行并且热处理的作用能够均匀地延伸到整个外层。外层的厚度至少应与轧辊的有效使用厚度一样大。但考虑到轧辊的安全因素，实际上希望外层厚度为轧辊有效使用厚度的1.1~3倍。因此，隔套最好位于距轧辊表面为轧辊有效使用厚度的1.1~3倍，最好为1.2~2.5倍的地方。

为了使外层具有满意的性能，形成外层的高合金钢必须含有0.2~2.6%的碳和总含量为 $\geq 3\%$ 的合金元素。因为，如果含碳量小于0.2%，就不能得到满意的强度。反之，

如果含碳量大于2.6%，外层的耐磨性就降低到铸铁的水平。另一方面，合金元素与碳化合形成碳化物或者溶入基体而强化基体。它们也能改善淬硬性，使外层具有必要的性能。通常采用的合金元素为镍、铬、钼、钒、钛、钨、硅、锰等。这些元素彼此有效地结合使外层具有满意的性能。如果这些元素的总含量小于3%，轧辊就不能得到普通的整体铸造轧辊已经获得的满意的使用性能，因为淬透性不好，整个外层不能得到均匀一致的硬度。另一方面，如果这些元素的含量 $\geq 2.5\%$ ，除非将它们特别小心地加入钢中，一般都使钢的铸造性能变坏。本发明建议采用做外层的材料是碳—铬基铸钢。铬在许多工具钢中是做为促进淬火作用的碳化物形成元素应用的。因此用做轧辊材质具有满意的性能。就0.2~2.6%碳量而论，铬被应用于许多轧辊中，其含量变化范围为3~20%。铬也是经济的元素之一。碳和铬的含量愈多，形成的碳化物愈多。因此，这种材料的轧辊能获得优良的耐磨性。可是，另一方面这种材料的轧辊的韧性则有所降低。因此，加入钢中的钼、钒、钛、锰、硅、钨等合金元素，每一种的含量不应超过3%，它们适当地配合，能得到韧性和淬透性较好，因而具有优良的使用性能的轧辊材料。

镍和锰起强化基体和提高淬透性的作用；钼、钨和硅能改善基体的高温机械性能，并形成碳化物而改善耐磨性；钒和钛能细化铸钢的组织从而增加其强度。在碳—铬钢中适量地加入这些元素，能得到优良的高合金外层材料。

因为轧辊使用的条件不同，因此，轧辊所要求的性能要随轧辊的类型不同而变化。因此，做外层的高合金铸钢的化学成分，应该根据所要求的轧辊类型进行调整，同时应避免该材料的成本过高。例如，方坯初轧机轧辊或与此相似的轧辊，对抗断性能有特殊的要求，做为外层用的高合金铸钢含有0.2~0.8%碳、3~5%铬，其他元素基本上和普通轧辊一样。对抗裂性能和抗表面粗糙性有特殊要求的工作辊，外层用含有0.8~2.0%碳、6~12%铬而其他元素基本上与普通轧辊一样的高合金钢制成。对耐磨性有特殊要求的轧辊，外层用的高合金钢则含有1.5~2.6%碳、10~15%铬，其他元素的含量基本上与普通轧辊一样。

隔套的材料应使外层和辊芯产生冶金结合。因为隔套的主要目的是防止在外层和辊芯接触面处形成内部缩孔，同时防止形成外层的材料与形成辊芯的材料之间产生过多的混合，因此应要求隔套的长度和辊身长度相等。辊颈通常是用和辊身部分相同的材料制成的，但由于它们由轧机零件支承着进行转动，为摩擦配合，因此对磨损比较敏感。为了解决这个问题，根据本发明的方法，隔套可用比辊芯更耐磨的材料制造，其长度可长到等于包括辊颈在内的轧辊总长度，辊颈即可用隔套围起来。

隔套在浇注开始时要受到形成外层的液体金属的热的那部分，即位于铸型底部的那部分，在浇注期间不变形或不被熔掉是很重要的。本专利发明者已经发现，从轧辊性能的观点出发，从下向上减薄隔套的壁厚，并使形成外层的液态金属凝固时产生上高下低的温度梯度是有利的，换句话说，隔套的壁厚必须从一端向另一端渐次地变化。也就是说，本专利发明者发现，将隔套较厚端置于铸型底部，在浇注期间，液体金属包围隔套壁厚较厚的一端时间比另一端长，这样隔套下部不致熔化，而且液态金属凝固时产生上高下低的温度梯度。隔套呈凹凸状，可同时产生机械结合和冶金结合。在制造锥形隔套有技术困难或者很费工时的情况下，可将具有不同壁厚的一些隔套元件沿轴向排列并

焊在一起。在这种情况下，这些隔套元件制成外径相等或者内径相等以利于组装。为了确保形成外层的液体金属平稳地流动，隔套内径最好做得均匀一致而外表面形成阶梯状（译注：原文如此）。应当尽量减少隔套上端与铸型内表面之间的空腔，以免形成外层的液体金属与形成辊颈的液体金属过多的混合。如上所述，对隔套进行表面处理，以便在隔套表面上形成碳素膜或避免形成氧化膜，有利于促进隔套与外层和辊芯三者之间的冶金结合。本专利发明者得到的经验指出，形成碳素膜（包括石墨薄膜）对于此目的来说是最有效的。

隔套必须具有一定的机械强度，以使它能和外层及辊芯进行结合，还应具有足以承受在轧制时所产生的应力的机械强度。从这个观点出发，制造隔套的材料最好从抗拉强度约为30公斤/毫米²或更大的普通碳钢、低合金钢和铸铁中选取。在想用隔套构成辊颈的表层的情况下，可用具有优异耐磨性的高碳钢来制造隔套，在这种情况下，切削性能的降低即成了问题，但这样的问题可通过采用离心铸造法得到解决。

实际上，根据本发明生产复合铸造轧辊，是在铸型中放置一个预定直径的圆筒形隔套，把具有优良使用性能的形成外层的液体金属浇注到铸型和隔套之间的环形空腔中去，再把具有高韧性的形成辊芯的钢水或铁水浇到隔套内腔中去。

附图的简要说明

图1是轧辊的局部剖视图。

图2（略）是沿着图1Ⅱ—Ⅱ线的横断面图的照片。

图3（略）是图2横断面显微照片，它示出外层和隔套交界处的组织。

图4（略）是类似于图3的显微照片，它示出辊身部分和隔套交界处的组织。

图5为实际铸型横断面结构图。

图6为隔套延伸到辊颈的轧辊的横断面图。

图7为整体铸造的轧辊和复合轧辊从表面向中心的硬度分布图。

图8是铬的碳化物的形态与铬和碳的含量之间的关系图解。

图9到图19是本发明使用的不同型式的隔套的断面图。

例 1

已经生产了一根用做支撑辊的复合铸造轧辊，其直径为1250毫米，总长4300毫米，辊身长1500毫米，外层厚度200毫米，隔套厚度25毫米。

做外层和辊芯的金属液的化学成分和隔套的化学成分如表1所示。

图1示出加工后的轧辊的外观，轧辊辊身部分的横断面结构如图2所示，它是沿图1Ⅱ—Ⅱ线的剖视图。图3是外层和隔套交界处组织的显微照片，图4是隔套和辊芯交界处组织的显微照片，两张照片均放大400倍。用底注法生产轧辊所使用的一些设备示于图5。

参看图2（略），外层1和辊芯2通过中间隔套3结合在一起。隔套甚至在铸造完成后仍保持原来的形状，其作用是防止形成外层的液体金属和形成辊芯的液体金属产生混合。如图3和图4所示，外层和隔套，辊芯和隔套在它们的交界处互相冶金地结合在一起。

表 1

	化 学 成 分, %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
外 层	0.52	0.81	0.65	0.020	0.011	1.12	4.60	0.91	0.23	余 量
辊 芯	0.62	0.31	0.51	0.015	0.013	0.21	0.35			余 量
隔 套	0.21	0.38	0.58							余 量

如图5所示,铸型的型腔要和轧辊的形状一致并设有冒口4,外层部分由金属铸型5构成,而辊颈部分由砂型6构成。下浇注管7用于把形成外层的金属液浇入铸型和隔套之间的空腔,而下浇注管8则用于将形成辊芯的金属液浇入隔套内腔中。

在浇注之前,形成外层和辊芯的金属分别在电炉中熔炼成表1所示的成分。浇注时,将温度为1515℃的形成外层的高合金钢钢水,通过下浇注管7浇入铸型形成辊身外层的部分,同时通过下浇注管8将1505℃的形成辊芯的低合金钢钢水浇入隔套内腔。浇注完成后,轧辊在铸型中冷却7天,然后开箱。开箱时辊身温度为110℃。在切除浇口后,将铸件加工到前面所说的尺寸(译注:原文如此)。随后以25℃/小时的速度加热到1050℃,在该温度下保温20小时,冷却到400℃后,再加热到830℃,在该温度下保温20小时,然后冷却到750℃,并在该温度下保温20小时。在上述生产过程中,轧辊分别加热到1050℃、830℃和750℃并进行保温,其目的是使外层1和辊芯2的组织均匀,并将碳化物变为球状和消除铸造应力。

然后,再以25℃/小时的速度将轧辊加热到680℃,在该温度下保温10小时,在15分钟内快冷到400℃,然后缓冷到390℃。再以20℃/小时的速度将轧辊缓慢地加热到600℃,在该温度下保温10小时。在空气中停留2天。再加热到550℃并保温10小时,然后炉冷。从980℃快冷和从690℃缓冷是为了使外层获得较高的硬度和韧性而进行的淬火和回火。

外层的硬度为Hs70~75。在从外层切取的试样上测量的抗拉强度为150~180公斤/毫米²,隔套与外层和辊芯之间结合的抗拉强度为15~25公斤/毫米²,这足以适应轧制条件。还应指示,在外层和隔套之间以及在辊芯和隔套之间的交界处,没有形成内部缩孔或内裂纹,这样生产的复合铸造轧辊不亚于整体铸造轧辊。

例 2

生产了一根用做方坯初轧机轧辊的复合铸造轧辊,其直径为1200毫米,总长为3500毫米,辊身长2100毫米,外层厚度200毫米,隔套厚度30毫米。这种轧辊的隔套延伸到轧辊的辊颈。

制造外层和辊芯的金属液的化学成分和隔套的化学成分如表2所示。

加工后的复合铸造轧辊的纵剖视图如图6所示。生产过程和例1所述相同,即把长度足以包住辊颈的隔套,置于铸型中相当于轧辊辊身的地方,隔套与铸型内表面之间的距离为200毫米。然后将1520℃的形成外层的高合金钢钢水浇注到相当于外层的铸型型腔中。紧接着将温度为1505℃的形成辊芯的碳钢钢水浇注到隔套内腔中。

表 2

	化 学 成 分 %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
外 层	0.41	0.45	0.70	0.020	0.009	6.00	5.15	1.50	0.3	余 量
辊 芯	0.43	0.38	0.61	0.018	0.019					余 量
隔 套	0.73	0.40	0.53	0.020	0.010	0.10	0.20			余 量

在浇注结束后,铸型与轧辊放置7天,使所铸的轧辊冷却,然后从铸型中取出轧辊。轧辊从铸型中取出时辊身部分的温度为100℃。在切除浇口后,将铸态轧辊加工到上述尺寸。加工过的复合铸造轧辊以25℃/小时的速度加热到1050℃,在该温度下保温20小时,然后冷却到100℃,再加热到830℃,并在该温度下保温20小时,再冷却到770℃,在该温度下保温30小时。再以25℃/小时的速度加热到980℃,在该温度下保温10小时,在50分钟内快冷到100℃,然后缓慢冷却到300℃。随后将复合轧辊以20℃/小时的速度加热到600℃,在该温度下保温10小时,在空气中放置2天,再加热到600℃,在该温度下保温10小时,然后炉冷到98℃,从炉中取出冷却到室温,即轧辊开始进行热处理时的温度。

图6为轧辊的纵剖面图,标号8为轧辊的辊颈。由图可看出,构成辊颈表层的隔套的厚度不同于包住辊身的隔套的残留部分的厚度。因为轧辊铸造以后,隔套在辊颈处的部分要经过磨削。

这样生产出来的复合铸造轧辊外层的硬度为Hs57~62。辊颈的硬度为Hs40~45,而辊芯的硬度为Hs26~29。已经证明,外层和辊颈具有做为轧辊的足够稳定的性能。还应指出,外层和隔套,辊芯和隔套一定要实现完全的冶金结合,并在连接处看不到内部缩孔。

例 3

直径为1200毫米、总长6000毫米、辊身长2000毫米、外层厚度200毫米、隔套厚度和长度分别为25毫米和2000毫米、用做方坯初轧机轧辊的复合铸造轧辊按下述过程进行生产,即:将隔套置于铸型中距离形成辊身的型腔内表面200毫米处。然后将1510℃的形成外层的高合金钢钢水用底注法浇入相当于轧辊外层的型腔中。随后相继地将温度为1500℃的形成辊芯的低合金钢钢水浇入相应于辊芯的型腔中。

浇注完成后,铸型与轧辊放置7天,然后从铸型中取出所铸的轧辊。在切掉浇口后,将铸态轧辊加工到前述的尺寸,然后以25℃/小时的速度加热到1050℃,在该温度下保温20小时,冷却到400℃,再加热到850℃,在该温度下保温25小时,然后炉冷。轧辊进行退火是为了使铸造组织均匀,把碳化物变为球状并消除铸造应力。然后再将轧辊加热到980℃,在空气中冷却到620℃,在该温度下保温10小时,然后炉冷,起淬火和回火的作用,使外层得到必要的硬度和韧性。

已经发现,这样生产出来的用做方坯初轧机轧辊的复合铸造轧辊,其外层和隔套、

辊芯和隔套能完全冶金地结合在一起,并且没有内部缩孔和內裂纹。外层组织为贝氏体,其表面硬度均为Hs62。与普通方坯初轧机轧辊的硬度Hs27~40相比,这个硬度是极高的,还应指出,这样生产出来的复合铸造轧辊具有优异的耐热裂性、耐磨性和抗折断性能。表3列出外层、辊芯和隔套的化学成分。

表 3

	化 学 成 分, %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
外 层	0.48	0.55	1.20	0.019	0.011	0.68	7.23	0.11	0.21	余 量
轴 芯	0.61	0.36	0.61	0.015	0.009	0.18	0.38			余 量
隔 套	0.51	0.32	0.41	0.018	0.010	0.20	0.39	0.15		余 量

例 4

直径为1350毫米、总长5000毫米、辊身長1700毫米、外层厚度230毫米、隔套厚度25毫米的热轧支撑辊,采用和例1相同的方法生产。

浇注后,铸型和铸件停留9天,然后开箱取出所铸的轧辊。在切除浇口后,将铸态轧辊加工到上述尺寸,然后加热到1050℃,在该温度下保温30小时,在空气中冷却到400℃,再加热到830℃,在该温度下保温30小时后炉冷。轧辊退火起均匀铸件组织、把碳化物变为和消除铸造应力的作用。

然后再将轧辊加热到950℃,在空气中冷却到560℃,在该温度下保温60小时,然后炉冷。检验这样生产的复合铸造轧辊发现,外层和隔套、辊芯和隔套彼此达到完全的冶金结合,并且在外层、辊芯和隔套三者之间的交界处,未发现内部缩孔和裂纹。外层的表面硬度为Hs65或高于所要求的硬度。外层、辊芯和隔套的化学成分如表4所示。

表 4

	化 学 成 分, %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
外 层	0.39	0.33	0.61	0.020	0.013	0.68	1.32	0.81	0.19	余 量
辊 芯	0.65	0.38	0.69	0.019	0.010	0.13	0.98	0.34		余 量
隔 套	0.28	0.34	0.49	0.020	0.010					余 量

例 5

直径为800毫米、总长4500毫米、辊身長2060毫米、外层厚度80毫米、用做工作辊的复合铸造轧辊,采用和例1一样的铸造工艺和热处理制度进行生产。

制造外层和辊芯的液体金属的化学成分和所用的隔套的成分如表5所示。

表 5

	化 学 成 分, %									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
外 层	0.55	0.80	0.50	0.013	0.010	0.20	11.20	0.80	0.30	余 量
辊 芯	0.55	0.10	0.60	0.015	0.003	0.20	0.80	0.30		余 量
隔 套	0.12	0.30	0.30	0.020	0.013					余 量

这样生产出来的复合铸造轧辊完全没有内部缩孔或内裂纹。外层和隔套之间、辊芯和隔套之间的交界处达到完全的冶金结合。

参考例 1

直径、总长及辊身长度和例1相同、且含有轧辊材料的铸造性能所允许的最大可能的合金元素的整体铸造钢轧辊,按下述方法进行生产。

即:首先将1500℃的钢水用底注法浇入和成品轧辊形状相同的铸型中。在完成浇注后,将已经铸有钢水的铸型停留7天,从铸型中取出所铸的轧辊,切除浇口。随后按例1的方法对轧辊进行热处理。所用铸钢的化学成分列于表6。

表 6

	化 学 成 分, %								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
	0.50	0.50	0.50	0.011	0.010	0.50	2.20	0.30	余 量

图7是例1的复合铸造轧辊和参考例1的整体铸造钢轧辊的硬度分布图。硬度分布是通过测量各点的硬度和各点距轧辊表面的距离而获得的。每根轧辊的硬度分布有一定的范围,因为甚至同一距离的不同的测量点,其硬度也不同。每点平均测量8次并绘出最大和最小硬度值。从图7中看出,整体铸造钢轧辊的表面硬度约为Hs60,这稍低于支撑辊,但对于方坯初轧机轧辊和工作辊是足够的。这种整体铸造钢轧辊径向的硬度有迅速降低的趋势,这种趋势从距辊面70毫米处开始向中心变得特别明显。这种从辊面开始的短距离内硬度急剧降低的情况,从轧辊性能的观点看是要不得的,原因如下:即轧辊的有效厚度假定说为100毫米,则在该厚度内硬度应基本上不降低;否则,随着轧制操作的继续进行,轧辊的性能将发生变化,即使是在相同条件下进行轧制,轧辊也将产生裂纹或者在有效厚度耗尽以前,轧辊就迅速磨坏。

与此相比,按本发明制造的复合铸造轧辊表面硬度为Hs70或更高一些,并且从辊面直到200毫米处,即安放隔套处,硬度基本上不降低。这是因为该轧辊含有大量的奥氏体

这类具有良好热处理性能的元素，並且按本发明可能获得稳定的使用性能，直到轧辊有效厚度耗尽。

外层要求的性能在很大程度上取决于铬，因为铬具有良好的热处理性能並能形成碳化物而增加外层的硬度。就此而言，采用含大量铬的高合金铸钢做外层是可取的。但这要使碳的含量受到限制，而碳是形成外层、具有优良使用性能的铸钢的重要元素，因此，就不可避免地要限制铬的含量。本专利发明者就铬和碳的相对含量所形成的碳化铬的组织进行了研究，其结果示于图8。

这个用于生产整体铸造轧辊的铸钢含铬量不超过3%，它的组织由 α 和 $(\text{Fe}\cdot\text{Cr})_3\text{C}$ 的混合物组成。在联结含0.06%碳和含2.0%铬的交点与含2.6%碳和含1.5%铬的交点的直线，同联结第一点与含2.6%碳和含22.0%铬的交点的直线所划定的区域中，铸钢的组织为 α 、 $(\text{Fe}\cdot\text{Cr})_3\text{C}$ 和 $(\text{CrFe})_7\text{C}_3$ 的混合物，並且所形成的碳化物的量超过含铬量 $\leq 2.5\%$ 时所形成的碳化物的量。这就证实了铸钢的硬度随铬量而增加的事实。

含铬量超过上述区域，即在联结含0.06%碳和含2.5%铬的交点与含2.6%碳和含22%铬的交点的直线，同联结第一点与含0.02%碳和含10%铬的交点的线所划定的区域中，铸钢的组织由 α 和 $(\text{Cr}\cdot\text{Fe})_7\text{C}_3$ 的混合物组成，並且形成的碳化铬的量进一步增加。当含铬量继续增加时，开始形成 $(\text{Cr}\cdot\text{Fe})_4\text{C}$ ，铸钢极脆，而且，铸钢的铸造性能恶化，同时韧性降低，结果这种铸钢不能用于生产轧辊。

本专利发明者对确定增加碳化铬而不危害钢的铸造性能的区域进行了深入的研究，发现由联结含0.2%碳和含3.0%铬的A点与含0.2%碳和含8.0%铬的B点的线，联结B点与含1.6%碳和含20%铬的C点的线，联结C点与含2.6%碳和含20%铬的D点的线，联结D点与含2.6%碳和含1.2%铬的E点的线，联结E点与A点的线所划定的这一区域是最可取的。在图8中超过BCD线以上的区域的成分，不仅铬与碳形成碳化物，而且有大量的铬溶入基体中，使基体本身变脆。DE线右边区域的成分，形成碳化物的量大到使钢变脆以至不能用于生产轧辊的程度。由于上述原因，可用于轧辊的钢的成分范围自然受到限制。

本发明采用的隔套的形状如图9~16所示。图9所示的隔套是整体的、壁厚均匀的圆筒，易于用离心铸造法生产。图10所示的隔套具有直径相同的圆筒形内表面和锥形的外表面，也易于用离心铸造法生产。图11的隔套具有直径相同的圆筒形的内外表面，由几段彼此焊接而成。图12所示的隔套不是沿着圆周而是沿轴向进行焊接。图13所示的隔套由内径相同而外径不同的许多元件焊接而成。图14所示的隔套由壁厚基本相同而内、外径不同的许多元件焊接而成。图15所示的隔套由内外表面平行但内、外径不相同且外径随内径的减小而增大的许多元件焊接而成。图16所示的隔套由外径相同但内径不同的许多元件焊接而成。图17所示的隔套在外表面上有许多沟槽，这样除了生产熔接外还能产生机械联接。采用在内表面或在内、外表面都有这种沟槽的隔套是有效的。

本发明的原理当然可以用于制造具有凹凸表面的型钢轧辊。在这种情况下可以用图18的方法，不需特殊的技术即将隔套简单地组合到轧辊中去。因为，根据经验，这种轧辊的有效厚度为距轧辊表面几毫米。图19所示隔套顶端为喇叭形，这对防止形成外层的液体金属和形成辊芯的液体金属通过隔套和铸型表面间之上方空间的过多的混合是有效的。

申請专利的范围

1. 生产外层金属具有优异使用性能和辊芯金属具有优良韧性的复合铸造轧辊的方法, 包括把预先选好直径的阶梯形隔套放置到铸型中。隔套的长度约等于外层的长度。将形成外层的液体金属浇注到隔套和铸型中间的环形空腔中; 将形成辊芯的液体金属浇注到隔套的内腔中; 最后将铸件加工到轧辊要求的形状, 並將加工后的轧辊进行热处理, 使外层达到要求的使用性能, 辊芯达到要求的韧性。隔套的厚度从与铸型底部毗联的下端向与铸型上部毗联的上端减薄, 以便形成外层和辊芯的液体金属在上高下低的温度梯度下凝固。

2. 隔套放置在铸型中, 使形成的外层的厚度为轧辊有效厚度的1.1~3倍。

3. 为减少隔套和铸型之间的空腔, 隔套的上端要有喇叭部分, 以防止形成外层和形成辊芯的液体金属过多地混合。

4. 隔套的表面要涂碳素薄膜。

5. 隔套由焊接成整体结构的许多元件组成。

6. 隔套为离心铸管。

7. 隔套下部的壁厚选择得使其在把形成外层和形成辊芯的液体金属浇入铸型期间不变形或不熔化。

8. 隔套的直径和壁厚选择得使隔套的横截面积为复合铸造轧辊总横截面积的2~15%。

9. 隔套要防止形成外层的液体金属混入形成辊芯的液体金属中并保证这两种液体金属实现冶金结合。

10. 形成复合铸造轧辊外层的铸钢含有碳、铬、及其他所要求的元素和铁, 在纵座标为含铬量和横座标为含碳量的直角坐标系中, 由联结含0.2%碳和含3.0%铬的A点与含0.2%碳和含8.0%铬的B点的直线, 联结B点与含1.6%碳和含20%铬的C点的直线, 联结C点与含2.6%碳和含20%铬的D点的直线, 联结D点与含2.6%碳和含4.2%铬的E点的直线, 以及联结E点与A点的直线所划定的区域, 为碳和铬的含量的范围。形成辊芯的金属从低合金钢、普通铸铁和普通铸钢中选取。

11. 轧辊的热处理工艺包括为均匀组织、把碳化物变为球状和消除铸造应力的退火。

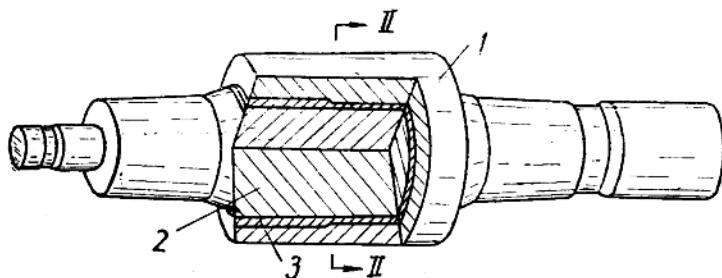


图 20