

用連續澆鑄鋼坯生產無縫鋼管

J. H. Fishburn

本文論述了在加拿大 Welland, Ont 的 Page-Hersey 鋼管有限公司用連續澆鑄圓角方鋼坯軋制無縫鋼管的情況。文內敘述了頂管機生產鋼管的方法和該軋機使用連續澆鑄鋼坯的歷史；對連續澆鑄鋼坯所生產管子的質量和用軋制鋼坯所生產管子的質量則作了比較。

遠在1956年，當難於獲得質量滿意而價格又合理的鋼坯時，無縫鋼管的生產中便使用了連續澆鑄鋼。那時候，早在1959年就安裝了一台連續澆鑄扁坯機的 Atlas 有限公司正要求增加產品以滿足其連續澆鑄計劃。這個公司原來已澆鑄過不銹鋼，並願意探討和試驗與奧氏體不銹鋼相反的連續澆鑄炭素鋼的特性。

1957年2月，第一次在 Page-Hersey 公司試軋了連續澆鑄鋼，此後就不斷增大其數量，用以生產無縫鋼管。目前，無縫鋼管軋機大部分產品都用連續澆鑄鋼制成，可是原來唯一使用的卻是軋制鋼坯。

軋管工藝

0.5"—6" 標準尺寸的無縫鋼管都是在軋機上熱軋而成。為適應管子尺寸的范围，需要有 5、6、7 和 $8\frac{1}{2}$ " 四種鋼坯尺寸。

從 Atlas 公司得到的鋼坯是圓角方形的，每捆捆軋了 6—20 根。所使用鋼坯的長度要受到頂管機心棒長度或穿孔機穿孔模長度的限制。所使用的鋼坯最短為 13"，最長是 34.5"。

鋼坯從儲坯場運到車間再送進轉底爐。爐床寬 84"，雙排放置 $8\frac{1}{2}$ " 的鋼坯可排 60 根，

尺寸小的鋼坯可排 75 根。爐內的加熱周

據鋼坯的橫斷面為轉移，一般約需 2—3 小
加熱後的鋼坯從加熱爐用運輸機送
型機和穿孔機。定型機可以顧名思義，
穿孔之前壓定鋼坯的邊緣，鋼坯的氧化
在定型機上用噴水法除去。

鋼坯用平頭沖頭垂直穿孔。穿孔模
錐度，便於穿孔後讓鋼坯退出。沖頭的
是這樣調整的，即鋼坯不被沖穿而留下

$1\frac{1}{2}$ " 厚的實底。鋼杯經過穿孔這個階

就稱為杯狀坯（圖 1. 略）

杯狀坯經再加熱達到 2,300°F 就送入
曼乃斯曼穿孔機操
作相似的延伸機。

延伸機有兩個階梯形軋輥，相互之間約成 10° 的角。心棒強使杯狀坯進入擠壓點。旋轉着的軋輥作螺旋體動作，強使杯狀坯如圖 2 所示在心棒上受到擠壓。

杯狀坯在延伸機上除被軋長以外，還能減薄壁厚，

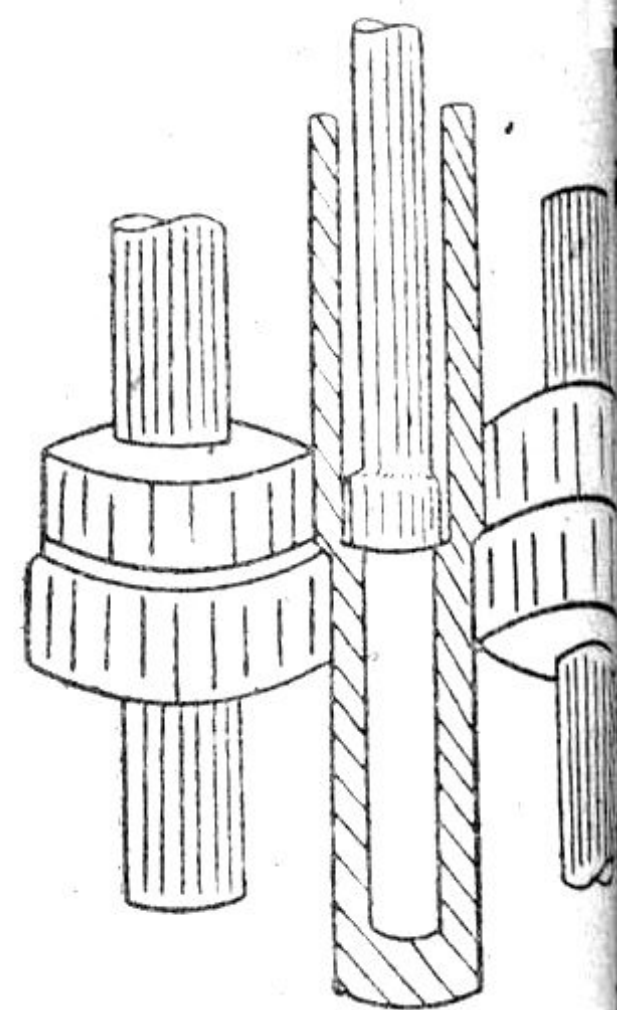


圖 2 軋輥、心棒狀坯的位置圖。延伸時減薄，杯狀孔眼偏心得正。

改进中心孔的偏心度。延伸前的穿孔操作中，如果鋼坯稍有偏心，在延伸机上予以校正完全是必要的。

延伸机的杯状坯一送到頂管机就将长约36呎、其上涂有石墨的心棒穿入空心的一头，再将心棒与杯状坯頂过一系列的軋模，每一軋模各有一个孔型，孔型的直径按次第减小，因此鋼坯的金属在心棒上延軋而成长管子。

管子和管内的心棒一同輸送到松棒机。松棒机与延伸机相似，有两个互成傾角的軋模，但这是两个筒式軋模而不是阶梯式軋模。松棒时，管径扩大0.100"左右，这样就可以从心棒脫出管子。

心棒和管子一并送到脫棒机把心棒脫出，管子則送去热鋸鋸掉杯底和魚尾，管子通过减径机之前需再加热到1,900°F左右。

减径机有两台，一台用于 $2\frac{3}{8}$ "以上的管子，另一台用于 $2\frac{3}{8}$ "以下的管子。較大的一台减径机有20个工作机架，每个机架减小管径约2.5%，較小的一台减径机有22个工作机架，每一机架减小管径5%左右。

管子經定径后，即进行冷却，然后在冷床上切去管头过厚的部分。管子繼續沿輸送系統前进，通过矫直机送至检查台和涡流式无損伤的檢驗設備。

連續浇鑄鋼坯的使用

1957年2月，用C—1042号鋼作第一次連續浇鑄鋼的試軋。之所以选择这一类型的鋼是为了滿足管子規格为API5A J55的需要。

因为，J55 $2\frac{3}{8}$ "管是我們軋机最常生产的一种管子，故决定用重量170磅的6×6的鋼坯来生产。經試驗結果有35%报废，但通过試驗表明，必須在較低等級的材料上作进一步試驗，以期在浇鑄和軋制两方面获得更多的經驗。

此后，扩大生产了从C—1010—C—1038各种不同等級的鋼，还制作了低炭級鋼，用于正規生产。这些等級的鋼宜于生产下列規格的管子：ASTMA—106級A与B，ASTMA—53級A与B，API 5L級A与B。与此同时，制作了C—1035鋼供生产J55管子之用，这种等級的鋼也宜于生产API5A規格的管子使用。

使用連續浇鑄鋼时首先必須克服的一个最主要障碍就是鋼坯心部的密度要小，这就需要使用較长的鋼坯。由于鋼坯中心部分密度小，連續浇鑄鋼的中心不致密便形成底部較薄。假如底部太薄，則其强度不足，杯状坯通不过軋模就容易頂穿，其結果严重延长时间，并造成收得率的降低。这个問題在气孔达到滿意的限度时便得到了克服，而且在軋制过程中鋼坯中心不够密实已受到了压榨，因此，目前杯底頂穿的現象少有发生，軋制管和連續浇鑄管經显微检查发现两者是相同的。

鋼的性質

表1所示系軋制鋼和連續浇鑄鋼C-1014的化学成分，表2則是这类鋼的物理性质。虽然物理性能主要是取决于化学成分，但也与管子的减径溫度有关。

表1和表2还标明了J55管子的化学成分和物理性质。应当指出，連續浇鑄鋼是C—1035級的。虽然軋制鋼为C—10421，但很明显，即使連續浇鑄鋼的平均含炭量比軋制鋼要低0.08%，但屈服点却高800Psi左右。从这一观点出发，目前准备进一步使用連續浇鑄C—1030号鋼的鋼坯。假如結果所产生的物理性质仍滿足了J55的需要，这就說明用含炭較低的鋼也可以滿足这种規格的需，这是有好处的。連續浇鑄鋼的强度之所以較高，其原因应归之于脫氧方法，因为它的脫氧方法与浇鑄一般鋼錠时多少有些不同。

表 I

軋制鋼和連續澆鑄鋼的化学成份

鋼 号	鋼 类 坯 型	成 份	炭 %	錳 %	磷 %	硫 %	硅 %
C-1014	軋制坯	定貨要求范围 典型成份	0.12/0.17 0.14	0.30/0.60 0.47	0.040(最大) 0.015	0.050(最大) 0.020	0.10/0. 0.25
C-1014	連續澆 鑄 坯	定貨要求范围 典型成份	0.12/0.17 0.14	0.30/0.60 0.47	0.040(最大) 0.018	0.050(最大) 0.020	0.10/0. 0.25
C-1042	軋制坯	定貨要求范围 典型成份	0.40/0.47 0.43	0.60/0.90 0.77	0.040(最大) 0.020	0.050(最大) 0.020	0.10/0. 0.20
C-1035	連續澆 鑄 坯	定貨要求范围 典型成份	0.32/0.38 0.35	0.60/0.90 0.75	0.040(最大) 0.015	0.050(最大) 0.015	0.10/0. 0.30

表 II

軋制鋼和連續澆鑄鋼的物理性質

鋼 号	鋼 坯 类 型	管 子 尺 寸 (吋)	屈服强度 Psi		极 限 强 度		2 吋 內 的 延 伸	
			最 小	典 型	最 小	典 型	最 小	典 型
C-1014	軋 制 坯	2 $\frac{3}{8}$ (外径)×0.218(壁厚)	41,300	49,000	60,500	66,000	44	50
C-1014	連續澆鑄坯	2 $\frac{3}{8}$ (外径)×0.218(壁厚)	44,100	53,000	61,500	70,000	48	54
C-1042	軋 制 坯	2 $\frac{3}{8}$ (外径)×0.190(壁厚)	56,600	65,000	91,500	100,000	32	40
C-1035	連續澆鑄坯	2 $\frac{3}{8}$ (外径)×0.190(壁厚)	62,100	73,000	94,600	103,000	28	36

鋼的質量

Atlas 有限公司开始提供連續澆鑄鋼时, 鋼坯存在着在連續澆鑄过程中就有的特殊类型的物理缺陷。虽然发现了的这些缺陷大部分已經克服, 但討論这些缺陷在軋管过程中的重要性是很有价值的。这些缺陷的研究划分为两个部分, 一部分是研究影响管子内部质量的缺陷, 一部分是研究影响管子外部质量的缺陷。

内部質量

最重要的一点是鋼坯的澆鑄結構必須完整(參看图3, 略)。如图4(略)所示連續澆鑄鋼坯的橫斷面上有界限分明的晶体成长。从图內可以看出, 晶体成长是从鋼坯的四面同时产生的, 其結果便沿对角綫自然生成两个較弱的面。假如鋼坯离开鑄模受到的水冷却不均匀, 或者是調整不当, 則沿对角綫之一

便会产生剪切裂縫。

图5(略)所示是严重裂縫的情况。当裂縫向坯角发展到某一点时, 裂縫沿柱状发展的阻力, 比向結晶交錯紧密的对角綫发展的阻力要小。这样, 裂縫便从对轉到向鋼坯垂直方向上发展。我們根据判断, 中心裂縫如超出了冲头的直径范围如果在延伸机上軋制不破裂, 則这种坯的管子內表面就有裂縫。

我們曾发现中心裂縫小的鋼坯在穿裂縫受到冲头压力便焊合起来, 因此中心裂縫如小于图5(略)所示就可以使用。时, 我們还发现中心气孔受到冲头挤压焊合。但是, 澆鑄鋼坯的这些缺陷要受制, 其許可范围已經确立。

虽然根据經驗发现小于冲头半径的裂縫不一定会造成管子裂縫, 但这并不是小裂縫就沒有害处, 因为将方鋼坯冲成杯状坯时, 小裂縫会波及杯状坯的边緣。

孔时，坯面要流动到接触冲孔模为止，这就在四边的中心处形成高应力集中，这一部分有发生破损的可能。应当指出，坯面与穿孔模之间的空隙与冲头的横断面大约相等。这种设计为的就是减小冲孔时的挤压量，因为挤压量大时需要穿孔机的能力也要大。

另外还发现一种与坯面成平行的内裂纹，这是因为铸钢机拉出辊的调整不当而形成的。这种类型的缺陷虽少，但因其直接裂到边缘，应是严重的缺陷。

研究前述内缺陷的问题时，似乎改变坯形，缩小坯边到穿孔模之间的距离就可以防止内缺陷。为此，曾考虑使用凹槽形钢坯，并曾与钢坯供应者讨论，他们感到要作实际解决前还必须进行巨大的改革工作。

外部质量

运用连续浇铸钢坯是最经济的，但必须克服表面下气孔这个大问题。图6（略）内所示就是这种类型缺陷的样品。这种类型的气孔最容易穿透表面，因此轧制时便形成一条短裂缝。这种缺陷只要改革炼钢时的熔炼方法就能有效予以控制。

图7（略）标示两个钢坯的外表面。表面上有很明显的皱纹（表面折叠）是由于铸模振动所引起的。图7（a）内所示钢坯表面尚可接受，（b）内所示钢坯表面则是废品。最初，我们认为表面的皱纹会引起严重问题，但实际上并不如此。我们用了大批表面折叠的钢坯，轧制结果只是表面上有很多长条。

为了生产无缺陷的浇铸钢，炼钢方面宁肯半径角越小越好，因为尖角能改善钢坯角部的冷却特性。但是，很尖的角在轧管过程中却是不利的条件。在定型机上角部产生折叠就会使管子整个长度出现一条长缝。

为适应上述两方面的需要，一致同意一个折衷方案就是圆角半径的最小值为1/4"。

表面的比较

一般说来，连续浇铸钢的表面远比轧制钢的表面更能适应无缝钢管的外表面的需要。在浇铸过程中未发生裂缝，在轧制过程中却容易发生裂纹。检查C—1014型6"钢坯的结果表明，轧制钢外部出现缺陷比之连续浇铸钢更经常。图8所示系3年内每一年连续浇铸钢废品与轧制钢废品相比的有关比例。

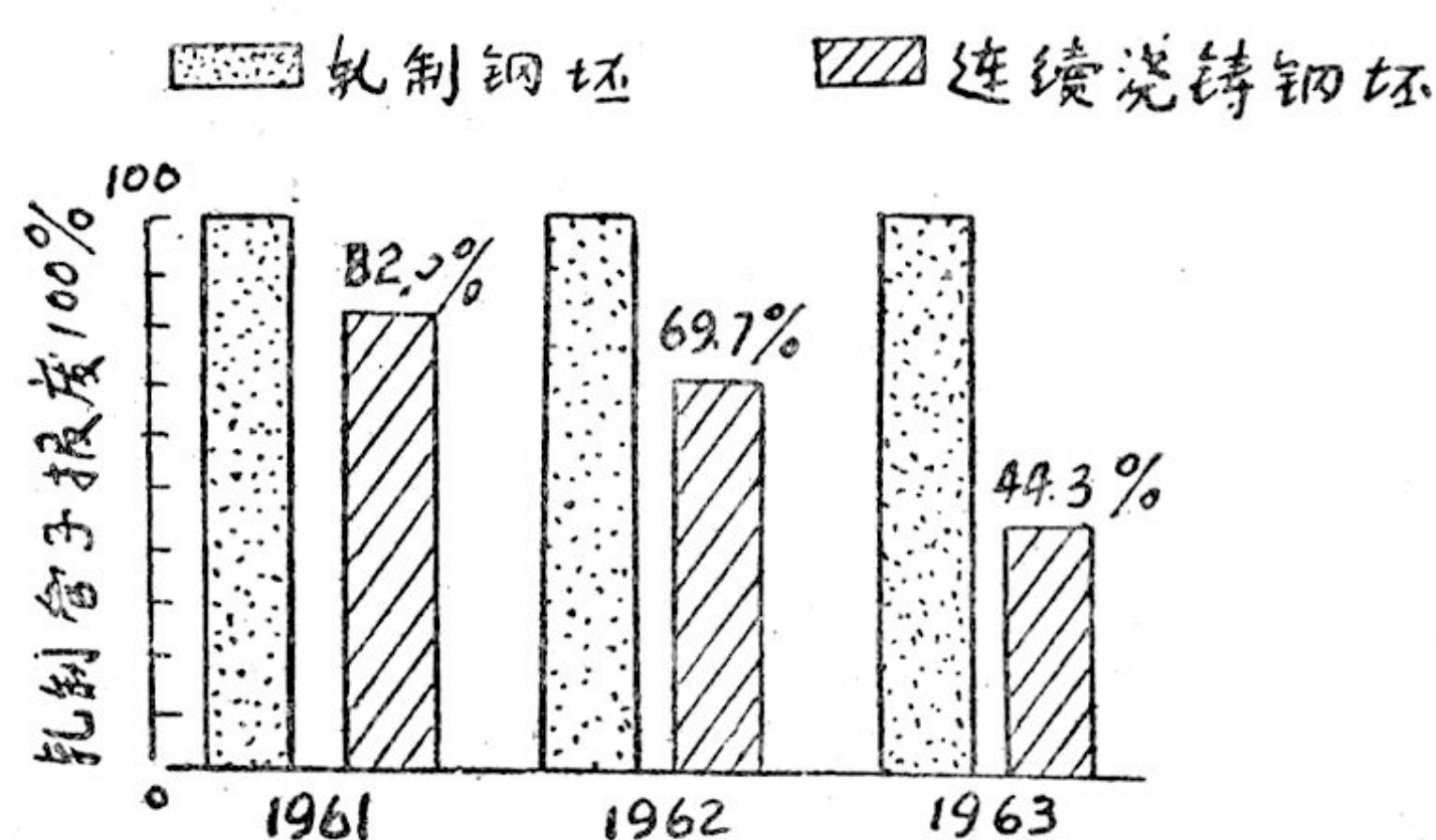


图8 用连续浇铸钢坯和轧制钢坯轧制的管子因外表面缺陷而报废的有关比例

结论

用连续浇铸的圆角方钢坯轧制无缝钢管的质量是令人满意的。钢坯的中心疏松和中心裂缝在一定范围内是容许的。连续浇铸钢坯的其他特殊缺陷一旦控制后就不会影响管子产品，比之于用轧制钢坯轧制管子更为有利。

改变钢坯的形状（凹槽形钢坯）有助于克服Wellman-Silver生产法用圆角方钢坯轧制管子时所存在的内缺陷问题。

李澄渠译

Journal of metals

1964, vol. 16, No. 5.

张洪畴校