

气体渗碳生产线调试浅碳层零件

中国一拖热处理厂 （河南洛阳 471003） 李忠亮

我厂三车间现有3条连续气体渗碳生产线（1条双排连续生产线、2条单排连续生产线），对20CrMnTi材料的变速箱齿轮产品进行批量化渗碳淬火生产。渗碳层深基本包括了0.8~1.2mm、1.1~1.6mm、1.3~1.8mm、1.4~1.9mm等工艺碳层。但对于图样要求 $D_c=0.55\sim0.85\text{mm}$ 的零件，由于批量相对较小，特别是在生产组织上较困难，我厂一直按着0.8~1.2mm（或 $D_c=0.7\sim1.0\text{mm}$ ）碳层控制。随着集团公司对产品质量要求的提高，我厂通过协调生产单位，近期80/90大轮拖零件系列产品、804C-1系列、Sz804系列、MK554系列以及E300系列等小模数类齿轮集中送热，三车间决定在连续渗碳生产线上调试图样要求 $D_c=0.55\sim0.85\text{mm}$ 的零件，以解决长期以来困扰我厂渗碳淬火的难题。

我厂技术部下发的中轮拖浅碳层零件清单中共计294种零件，大部分按照渗碳淬火 $D_c=0.55\sim$

0.85mm工艺层深进行控制。三车间组织生产骨干对调试浅碳层零件进行工艺探讨，思路是先实现在单排连续生产线上批量化生产浅碳层零件，然后再对双排连续生产线（以下简称双排炉）进行调试。

1. 单排连续渗碳生产线调试过程

6月份三车间连续渗碳线只有双排炉正常生产，其他两条生产线进行设备检修。而双排炉双轨分别生产不同材料、技术要求的零件，即A轨0.8~1.2mm层深零件（20CrMnTi），B轨 $D_c=1.4\sim1.7\text{mm}$ 零件（汉德系列产品22CrMoH材料），若在双排炉调整需要牺牲汉德零件的产量来实现，所以车间准备先从生产组织上集中批量的 $D_c=0.55\sim0.85\text{mm}$ 的零件，在吉林炉（单排连续生产线）进行调试生产。

三车间吉林炉于2013年7月9日开始进零件，考虑到设备运转初期，机械故障会较频繁，为避免造成对产品质量的影响，车间从生产安排上精心策划：先装1.1~1.6mm碳层的零件（2个试块，即10盘零件，1个试块/5盘）→0.8~1.2mm碳层零件（2个试块）→调试 $D_c=0.55\sim0.85\text{mm}$ 碳层零件。吉林炉生产0.8~1.2mm碳层零件通用工艺主要参数见表1。

表1 0.8~1.2mm碳层主要工艺参数

项目	预处理	一区	二区	三区	四区	五区	回火炉
温度/℃	330~400	900	910	910	900	830	170
Cp (%)	—	—	1.15	1.15	0.90	0.85	—
周期	0.8~1.2mm碳层20~25min/盘						

根据实际生产经验及吉林炉设备特点，结合渗碳的3个工艺要素：渗碳温度、渗碳时间及渗碳碳



势，车间采取“降温、降碳势”工艺措施，在调试时工艺参数见表2。

表2 Dc=0.55~0.85mm碳层主要工艺参数

项目	预处理	一区	二区	三区	四区	五区	回火炉
温度/℃	400	890	890	890	880	830	170
Cp (%)	—	—	1.10	1.10	0.90	0.85	—
周期	20~25min/盘						

7月10日装炉生产，如上工艺执行操作，从吉林炉第40~102盘，装63盘，随炉试棒13个（5盘放置一个随炉试棒），具体情况见表3。

表3 Dc=0.55~0.85mm碳层首次调试情况

序号	盘号	金相报告			采取措施
		渗碳层深/mm	组织	硬度HRC	
1	42	0.90	K0M3A3	64/41	
2	47	0.95	K0M3A3	64/40	进10盘，点火器故障，延时30min，期间降温、停气
3	52	1.0	K0M3A3	63/38	
4	57	0.90	K0M3A3	64/40	至三区第2盘时，降二、三区碳势至1.05%、1.05%
5	62	0.85	K0M3A3	64/40	至三区第3盘时，降三、四区碳势至1.0%、0.85%
6	67	0.93	K0M3A3	64/40	进11盘，点火器故障，延时30min，期间降温、停气
7	72	0.85	K0M3A3	64/42	
8	77	0.82	K0M2A2	64/40	
9	82	0.80	K0M2A2	64/42	
10	87	0.80	K0M3A3	64/42	
11	92	0.82	K0M3A3	64/39	
12	97	0.80	K0M3A3	64/39	
13	102	0.80	K0M3A3	64/40	

本次调试过程中车间各带班班长及时按照车间要求调整工艺参数，确保了7个合格的试棒渗碳淬火要求在Dc=0.55~0.85mm（排除设备故障影响）。首次调整取得了预期的效果，为进一步重现Dc=0.55~0.85mm 工艺，7月16~18日吉林炉293~342盘，车间进行第二次调试生产，按照表4工艺参数执行。

表4 Dc=0.55~0.85mm碳层修正后工艺参数

项目	预处理	一区	二区	三区	四区	五区	回火炉
温度/℃	400	890	890	890	880	830	170
Cp (%)	—	—	1.05	1.0	0.90	0.85	—
周期	20~25min/盘						

本次一共集中50盘同渗碳层要求的零件，放置随炉试棒10个，我厂试验室按照《拖拉机渗碳淬火金相检验标准》做出的金相报告见表5。

同时，车间对本次调试的313~315盘随机各取1个零件进行切检，金相报告结果见表6。

表5 随炉试棒金相报告

序号	盘号	金相报告		
		渗碳层深/mm	组织	硬度HRC
1	295	0.75	K0M2A2	64/41
2	300	0.70	K0M2A2	64/42
3	305	0.70	K0M2A2	63/39
4	310	0.65	K0M3A3	64/40
5	315	0.70	K0M3A3	64/41
6	320	0.70	K0M3A3	64/40
7	325	0.76	K0M3A3	64/42
8	330	0.78	K0M3A3	64/40
9	335	0.83	K0M5A5	64/42
10	340	0.80	K2M5A5	64/42

表6 零件金相报告

盘号	零件号	Dc/mm		渗碳层/mm		硬度HRC	组织
		节圆	齿根	节圆	齿根		
133	E300.37.117-1	0.60	0.50	无/0.60~0.75	无/0.60	62/40	K0M2A2
134	SZ804.37.113	0.65	0.55	0.30/0.70	0.25/0.65	62/42	K0M2A2
135	SZ804.37.105	0.60	0.50	0.30/0.70	0.30/0.70	62/38	K0M2A2

切检零件基本与随炉试样一致，符合渗碳淬火质量控制方面的标准。通过两次在吉林炉的调试，三车间基本可以控制零件的渗碳淬火质量在工艺要求范围，也符合“降低渗碳温度、碳势”来降低渗碳层深的原理。吉林炉成功调试出合格的Dc=0.55~0.85mm碳层的零件，为下一步在双排炉调试提供了经验。

2. 双排连续渗碳生产线调试过程

鉴于在三车间单排生产线调试Dc=0.55~

0.85mm碳层零件成功后，考虑到生产淡季，车间只安排双排炉进行生产作业时，如何解决 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 零件的生产难题？车间决定安排双排炉从7月25日在A轨SPA24 –SPA70盘调试 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件，调试主要工艺参数工艺见表7。

表7 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层主要工艺参数

项目	预处理	一区	二区	三区	四区	五区	回火炉
温度/℃	400	885	885	885	875	830	170
Cp (%)	—	—	1.05	1.0	0.90	0.85	—
周期	21min/盘						

本次共计装47盘 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件，放置8个随炉试棒（双排炉A轨7盘放置1个随炉试棒），金相报告结果见表8。

表8 随炉试棒金相报告

序号	盘号	渗碳层深/mm	金相	硬度HRC	采取措施
1	26	0.80	K0M2A2	64/41	进二区 降二区 880℃
2	33	0.85	K0M2A2	64/42	进三区 降三区 880℃
3	40	0.85	K0M2A2	63/41	
4	47	0.85	K0M2A2	63/38	
5	54	0.85	K0M2A2F1	63/39	
6	61	0.82	K0M2A2F1	64/38	
7	68	0.80	K0M3A3	64/41	
8	75	0.85	K0M2A2	64/42	

车间将SPA33盘零件进行随机切检1件，金相检查结果见表9。

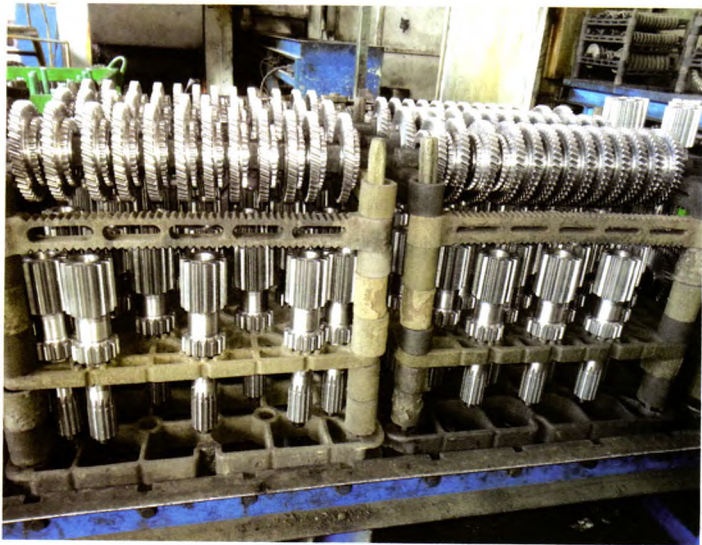


表9 零件金相报告

盘号	零件号	Dc/mm		渗碳层/mm		硬度HRC	组织
		节圆	齿根	节圆	齿根		
SPA33	MF604.42 A.109-1	0.77~ 0.80	0.55	0.40/0.90 ~1.0	0.30/ 0.70	60/42	K0M2 A2

从切检结果来看，零件与随炉试样金相报告基本一致，达到了预期的目标，通过车间对工艺的完善，建议在双排炉A轨生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件时，搭装同材料的1.1~1.6mm（或 $D_c=1.1\sim 1.6\text{mm}$ 、 $D_c=1.3\sim 1.5\text{mm}$ ）的零件，双排炉工艺可以按表10工艺参数执行。

表10 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层主要工艺参数

项目	预处理	一区	二区	三区	四区	五区	回火炉
温度/℃	400	880	880	880	875	825/830	170
Cp	—	—	1.05	1.0	0.85/0.90	0.85	—
周期	A轨 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层按21min/盘，控制生产；B轨1.1~1.6mm碳层零件按45min/盘，控制生产，根据随炉试棒情况，可适当延长周期						

按照上述工艺参数，车间于8月4~5日安排双排炉生产65盘 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件，随炉试棒全部满足工艺要求。在双排连续渗碳生产线调试 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件的成功，更加完善了三车间在渗碳层深 $\leq 1.0\text{mm}$ 零件的生产工艺，基本实现了三车间3条连续生产线无差别化生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 系列浅碳层零件。

3. 双连续渗碳生产线实现生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件

（1）产品质量的提高 长期以来，由于 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件批量较少，基本不能集中组织送热，按照我厂同齿轮厂技术协议，一直按照0.8~1.2mm渗碳层深来控制生产，根据三车间的生产实际情况，在连续生产线上对0.8~1.2mm碳层的零件生产工艺成熟，过程控制较容易，而 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层的零件一直是三车间在连续生产线上渗碳淬火的“难题”。7~8月份通过对吉林炉（单排渗碳淬火生产线）、双排炉（双排渗碳淬火生产线） $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件的生产调试，按照《拖拉机渗碳淬火齿轮金相检验标准》分别对随炉试棒、同盘零件进行切检后金相检验，结

果获得了合格的硬化层深度、硬度以及金相组织，主要意义体现在以下两点：①加快了渗碳周期，降低了渗碳温度，有效地控制了渗碳层深度，有利于控制渗碳淬火变形。②采用“降温、降碳势”的工艺方法，减少了能耗，降低了成本，获得了高质量的产品。

(2) 节约能源，提高了经济效益 在连续生产线采用“降温、降碳势”的生产方式来生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 的零件，生产周期基本未改变的情况下，日产量一定，获得最大的经济效益就是在能源上的节约。根据车间长期记录统计显示，吉林炉和双排炉在调试 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 零件过程中，日耗电量均有不同程度的节约，具体数据见表11、表12。

表11 吉林炉两种浅碳层零件生产工艺能耗对比

工艺碳层/mm	主要工艺参数对比	日耗电量/kW·h	日节约电能/kW·h
0.80~1.20	渗碳温度910℃，周期20~25min/盘	8470	1270
$D_c=0.55\sim 0.85$	渗碳温度890℃，周期20~25min/盘	7200	—

按平均电价0.65元/kW·h计算，日节约电能费用825.5元。

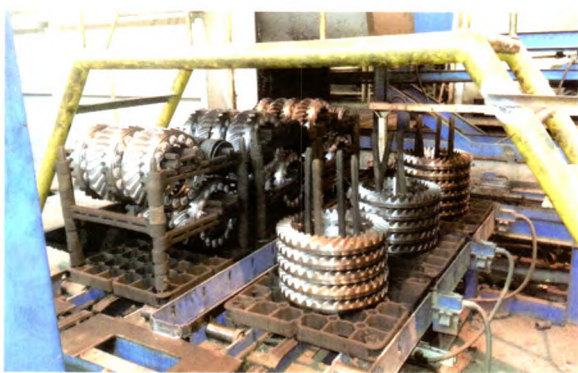
表12 双排炉两种浅碳层零件生产工艺能耗对比

工艺碳层/mm	主要工艺参数对比	日耗电量/kW·h	日节约电能/kW·h
0.80~1.20	渗碳温度900℃，周期20~25min/盘	8700	180
$D_c=0.55\sim 0.85$	渗碳温度880℃，周期20~25min/盘	8520	—

双排炉B轨按1.1~1.6mm（或 $D_c=1.1\sim 1.6\text{mm}$ ）碳层零件，按45min/盘周期，A轨调试两种不同碳层零件；按平均电价0.65元/kW·h计算，日节约电能费用117元。

7~8月吉林炉、双排炉生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 碳层零件（调试四次）共计装炉225盘，而在三车间现场约有10盘的零件（因批量少，暂不装炉生产），如全部生产完则需要3.672天（ $235\text{盘}\times 22.5\text{min/盘}\div 60\text{min}\div 24\text{h}=3.672\text{天}$ ），如果本次235盘集中生产的情况下，一般优先选择在吉林炉（单排炉更容易控制）装炉生产，可节约电能：

$3.672\times 825.5=3031.24\text{元}$



若在双排炉生产则可节约电能：

$3.672\times 117=429.62\text{元}$

但考虑双排炉两条轨生产，A轨生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 浅碳层零件，采用“降温、降碳势”等措施容易影响B轨的产量，并不能达到效益的最大化，通过上述比较，三车间在控制生产 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 零件时，会采用集中生产的方式，优先考虑在吉林炉（单排炉）生产。

7~8月份三车间在连续渗碳淬火生产线调试，节约的电能折合费用3031.24元，7~8月份生产任务量较小，根据车间2012年以及本年度生产统计数量结合技术质量部下发的 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ 零件清单，该碳层零件渗碳淬火月产量平均约600盘，一年大约7200盘。车间协调、组织生产顺利的情况下，在吉林炉生产，则一年可最大节约电能费用：

$7200\text{盘}\times 22.5\text{min/盘}\div 60\text{min/h}\div 24\text{h}\times 825.5\text{元}/24\text{h}=92868.75\text{元}$

每年节约的电能费用则可视为纯利润，则该项目每年最大收益92868.75元。

通过计算得出，三车间的三条连续渗碳生产线中，吉林炉日耗电量最小。

4. 结语

(1) 浅碳层零件在连续渗碳淬火生产线上可以通过“降低渗碳温度、碳势”等工艺措施，实现批量化生产。

(2) 浅碳层零件控制 $D_c=0.55\sim 0.85\text{mm}$ ，通过对“渗碳温度、碳势以及渗碳时间”的合理调整，在连续渗碳淬火生产线批量生产有利于控制零件的淬火质量，有利于减小渗碳淬火后的变形。

(3) 做好浅碳层的生产组织，在连续渗碳淬火线批量化生产有利于节约电能，降低生产成本，提高经济效益。MW (20131106)