



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108026600 A

(43)申请公布日 2018.05.11

(21)申请号 201680041157.6

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

(22)申请日 2016.07.15

代理人 陈文平

(30)优先权数据

62/192,897 2015.07.15 US

(51)Int.Cl.

G21D 8/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G21D 8/12(2006.01)

2018.01.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/042508 2016.07.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/011751 EN 2017.01.19

(71)申请人 AK钢铁产权公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 R·J·科姆斯托克

G·A·帕拉斯克斯

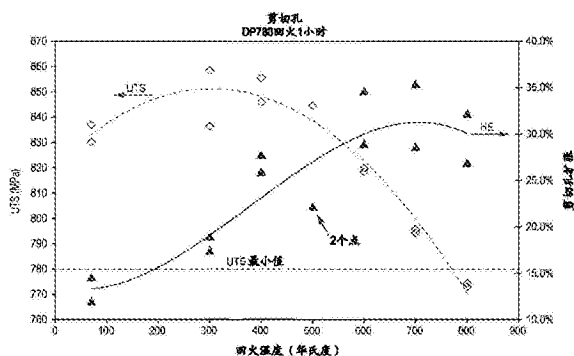
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

高成形性双相钢

(57)摘要

为改善双相钢的成形性,将马氏体相回火。其可形成铁素体-碳化物结构。该回火步骤发生在双相钢中形成马氏体之后。回火步骤可以在箱式退火步骤中发生,或者其可以以连续方式进行,例如在连续退火、连续回火热处理或连续涂布线上进行。回火步骤还可包括加热步骤之后在平整机上的平整轧制。



1. 一种改善包含铁素体和马氏体的双相钢带的成形性的方法,所述方法包括在一温度下回火热处理所述双相钢带一段时间的步骤,所述温度和时间足以将至少一部分所述马氏体转化为铁素体和渗碳体。

2. 权利要求1所述的方法,还包括在所述回火热处理步骤之后平整轧制所述双相钢的步骤。

3. 权利要求1所述的方法,其中所述回火热处理步骤发生在冷轧所述带之后。

4. 权利要求1所述的方法,其中所述回火热处理步骤发生在用涂层涂布所述带之后。

5. 权利要求1所述的方法,其中所述回火热处理步骤为箱式退火步骤。

6. 权利要求1所述的方法,其中所述回火热处理步骤为连续回火加热步骤。

7. 权利要求6所述的方法,其中所述连续回火加热是由感应加热所提供。

8. 一种改善标称抗拉强度为780MPa的双相钢的成形性的方法,其包括在一温度下回火热处理所述双相钢带一段时间以使得屈服 $x < 110$ 微米的步骤。

9. 权利要求8所述的方法,其中所述屈服 $x < 90$ 微米。

10. 一种改善标称抗拉强度为980MPa的双相钢的成形性的方法,其包括在一温度下回火热处理所述双相钢带一段时间以使得屈服 $x < 100$ 微米的步骤。

11. 权利要求10所述的方法,其中所述屈服 $x < 10$ 微米。

12. 权利要求11所述的方法,其中所述屈服 x 为约1微米。

高成形性双相钢

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求于2015年7月15日提交的名称为高成形性双相钢 (HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL) 的美国临时申请序列号62/192,897的优先权,其公开内容通过引用并入本文。

背景技术

[0003] 双相钢是众所周知的,并且广泛用于诸如汽车应用的需要高强度钢的应用中。它们通常包含铁素体和马氏体相。据认为,这些钢在弯曲和边缘拉伸方面具有有限的成形性,其通常使用已知的扩孔方法测量。

[0004] 在标准双相钢的弯曲或边缘拉伸期间,马氏体相几乎不经历形变,因而使铁素体去适应大部分的应变。随着应变增加,铁素体开始达到其延展性极限,并且在铁素体-马氏体界面处开始形成空隙。随着应变进一步增加,空隙可形成裂纹。

发明内容

[0005] 为改善双相钢的成形性,将马氏体相回火。其可形成铁素体-碳化物结构。经回火的马氏体结构具有比原马氏体更低的强度。该更低的强度允许弯曲或拉伸钢中的应变更均匀地分布在整個材料中,由此最小化材料中的空隙形成。

[0006] 在一个实施方式中,回火步骤在箱式退火步骤中进行。该箱式退火步骤发生在双相钢中形成马氏体之后。例如,其可以发生在连续退火线中的热处理之后,或者其可以发生在热镀线中对钢进行热处理和涂布之后,所述涂布例如采用诸如铝、锌、铅或者一种或多种这些金属的合金的金属涂层。

[0007] 在另一个实施方式中,回火步骤以连续方式进行,例如形成马氏体之后在连续退火、连续回火热处理或连续涂布线上进行。回火步骤的热量可以通过感应加热器或其他带材加热方法来提供。

[0008] 在一些实施方式中,回火步骤还可包括在加热步骤之后在平整机上进行平整轧制。

附图说明

[0009] 图1描绘了作为温度的函数的具有780MPa抗拉强度的双相钢带的经改善的扩孔率。

[0010] 图2显示了未进行回火热处理以及根据一个实施方式在箱式退火炉中回火热处理之后的具有980MPa抗拉强度的双相钢带的应力-应变曲线。

[0011] 图3显示了具有980MPa抗拉强度的双相钢带在回火期间碳的平均扩散距离和屈服强度之间的经计算关系。

[0012] 图4显示了具有780MPa抗拉强度的双相钢带在回火期间碳的平均扩散距离和屈服强度之间的经计算关系。

具体实施方式

[0013] 在一定温度下用一定时间回火双相钢中的马氏体相,将一些或全部马氏体转化为铁素体和渗碳体。渗碳体是碳化物。回火热处理的时间和温度必须足够长和足够热以促进该转化,以使得扩孔和弯曲测试值提高所需的量。热处理的时间和温度必须不能过长和过高,其会使得材料抗拉强度降低到所需的最小值以下,或者材料的屈服强度增加到所需的最大值以上。任何给定的回火步骤的确切时间和温度能够由本领域技术人员根据本申请的教导来确定。该回火步骤还可包括在加热步骤之后的平整轧制。

[0014] 回火由碳扩散控制并且取决于温度下的时间。以cm为单位的碳的累积扩散距离x可以用来定义回火的大小:

$$[0015] \quad x = (2Dt)^{1/2}$$

[0016] 其中t为在温度下以秒为单位的时间,并且D为以 cm^2/s 为单位的扩散率。

[0017] 时间(t)和温度(T)的函数x可为不同时间和温度条件下的 x_n 值的总和:

$$[0018] \quad x = x_1(t_1, T_1) + x_2(t_2, T_2) + x_3(t_3, T_3) + \cdots + x_n(t_n, T_n)$$

[0019] 扩散率由以下阿伦尼乌斯型方程(Arrhenius type equation)定义:

$$[0020] \quad D = D_0 \cdot e^{-Q/RT}$$

[0021] 其中Q为活化能 $=32,000\text{cal/mol}$,

$$[0022] \quad D_0 = 0.15\text{cm}^2/\text{s},$$

$$[0023] \quad R = 1.987\text{cal}/(\text{mol K}),$$

[0024] 并且T为开尔文温度。

[0025] 增加的回火改善成形性的同时,其还增加了钢的屈服强度,并且引入了屈服点延伸(YPE)。钢用户对于各种类型的双相钢具有屈服强度的要求。因此,需要限制回火量以符合屈服强度要求。对于两类双相钢,DP780和DP980,扩散距离x与屈服强度相关。因此,可以使用将给出最大回火的上述方程开发热处理,其将提供最佳的成形性,同时保持在所需的屈服强度范围内。

[0026] 在一个实施方式中,在开发了适当的马氏体-铁素体微结构之后,使用标准钢生产箱式退火设备或用于钢卷的烘烤型设备对双相钢带卷进行回火热处理。或者,使用箱式退火设备的该箱式回火可以发生在例如采用锌、铝、铅或这些涂层中的一种或多种的合金涂布钢带之后。此涂层可以通过任何常规方法来施涂,所述方法包括电解法或热浸镀法。箱式退火可以发生在随后的热处理之后,或者与其相结合,例如镀锌层与基础双相钢合金化以形成镀锌涂层(galvannealed coating)。在箱式退火之后,还可将钢带平整轧制以改善带材的形状、消除屈服点延伸或对带材进行上油。对于某些实施方式,且特别是对于双相钢,此箱式退火适用于回火。

[0027] 在另一个实施方式中,可以使用诸如连续退火线或连续涂布线或连续热处理线的连续工艺来实施回火热处理。在一个实施方式中,连续加热工艺包括感应加热。如同箱式退火工艺,连续回火热处理步骤可以发生在冷轧钢带之后,或者发生在将其涂布之后。连续回火热处理之后还可以进行平整轧制步骤。

[0028] 实施例1

[0029] 使用用于标称抗拉强度为780MPa的双相钢带的典型工艺制造此双相钢。在冷轧和

镀锌之后,使钢带在干燥的氮气氛中在不同温度下经受一小时的实验室退火循环。由此改善的扩孔在图1中示出。

[0030] 实施例2

[0031] 使用用于标称抗拉强度为780MPa的双相钢带的典型制造工艺制造两卷此双相钢。在冷轧和镀锌之后,使两卷在干燥的氮气氛中在550°F下分别经受24和30小时的箱式退火循环。结果报告在以下表1中:

[0032] 表1

[0033]	温度 (°F)	回火时间 (小时)	YPE (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	扩孔率 (%)
	标准产 品	0	0	512	855	16
	550	24	0.5	608	811	32
	550	30	1.8	740	834	47

[0034] 24小时循环具有低屈服点延伸(YPE),并且屈服强度接近于标准产品的屈服强度,但是具有两倍的扩孔率(HER)。更长的30小时回火时间进一步增加了HER,但显著增加了YPE量和屈服强度。

[0035] 实施例3

[0036] 使用用于标称抗拉强度为980MPa的双相钢带的典型制造工艺制造两卷此双相钢。在冷轧和镀锌之后,使两卷在干燥的氮气氛中在550°F下经受30小时的箱式退火循环。在箱式退火之后,在平整机上平整轧制卷材至最大为0.27%,且平均为0.12%。

[0037] 扩孔测试使用具有3/4英寸直径剪切孔的半球形冲孔测试,双相钢中的平均扩孔从回火处理前的14%增加到回火处理后的31%。使用具有10mm剪切孔的锥形冲孔测试,双相钢中的平均扩孔从回火处理前的16%增加到回火处理后的29%。扩孔的平均直径由纵向、横向、对角线1和对角线2直径的平均值所确定。使用三个样品的平均值确定失败时的保持扩张百分比。3/4英寸样品中的冲孔模间隙为17%,10mm样品中的冲孔模间隙为12.8%。这些结果列于表2中。

[0038] 表2

用箱式退火设备 回火之前		厚度 (英寸)	扩孔 (%) (3/4 英寸直径剪切 孔)	扩孔 (%) (10 mm 直径剪切孔)
AAA	前部	0.0559	10	16
AAA	尾部	0.0564	17	17
ABA	前部	0.0556	18	16
ABA	尾部	0.0557	9	14
		平均值:	14	16

[0039]

用箱式退火设备 回火之后		厚度 (英寸)	扩孔 (%) (3/4 英寸直径剪切 孔)	扩孔 (%) (10 mm 直径剪切孔)
AAA	前部	0.0560	33	33
			32	26
AAA	尾部	0.0560	30	34
			33	29
AAA	冷点	0.0558	33	29
ABA	前部	0.0558	32	25
			26	26
ABA	尾部	0.0555	34	28
		0.0561	28	27
ABA	冷点	0.0557	31	30
		平均值:	31	29

[0040] 抗拉特性标准加工后双相钢中的平均纵向抗拉强度为151ksi (1040MPa)。回火处理后,该强度下降到144ksi (995MPa) 的平均值。没有样品的抗拉强度低于143ksi (986MPa)。细节报告在以下表3中。双相钢带中的平均横向抗拉强度为154ksi (1062MPa)。该强度下降到148ksi (1018MPa)。细节报告在以下表4中。

[0041] 回火处理后,显现出1至2%的屈服点延伸 (“YPE”), 并且屈服强度从95增加至135ksi (655至931MPa)。双相钢中的总延伸也从无任何回火处理的16%下降到回火处理后的13%。这些结果也列在表3和4中。标准产品和回火产品的应力-应变曲线的实例示于图2中。

[0042] 表3纵向抗拉特性

用箱式退火设备回火之前		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	延伸 (%)
			上部	下部	0.2%			
AAA	前部	0	N/A	N/A	93.1	150.6	1039	16
AAA	尾部	0	N/A	N/A	98.6	151.8	1047	16
ABA	前部	0	N/A	N/A	95.0	152.2	1050	16
ABA	尾部	0	N/A	N/A	95.6	149.4	1030	16
	平 均 值:	0			95.6	151.0	1041	16

[0043]

用箱式退火设备回火之后		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	延伸 (%)
			上部	下部	0.2%			
AAA	前部	1.8	135.6	134.3	135.5	143.0	986	14
		2.0	137.6	136.3	137.1	144.3	995	13
AAA	尾部	1.1	132.7	131.7	132.6	144.8	998	14
		1.1	132.9	132.0	132.8	144.5	997	14
AAA	冷点	0.9	134.4	133.0	134	144.9	999	13
ABA	前部	1.7	134.7	133.7	134.5	144.3	995	14
		1.6	134.4	132.9	134.2	143.0	986	13
ABA	尾部	1.1	134.3	133.5	134.4	145.0	1000	13
		1.6	136.4	134.7	136.4	145.9	1006	13
ABA	冷点	1.0	132.7	131.5	132.4	142.9	986	14
	平 均 值:	1.4	134.6	133.4	134.4	144.3	995	13

[0044]

[0045]

表4横向抗拉特性

用箱式退火设备回火之前		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	延伸 (%)
			上部	下部	0.2%			
AAA	前部	0	N/A	N/A	94.4	153.3	1057	15
AAA	尾部	0	N/A	N/A	94.1	153.0	1055	15
ABA	前部	0	N/A	N/A	97.8	156.1	1077	14
ABA	尾部	0	N/A	N/A	94.2	153.6	1059	15
	平均值:	0			95.1	154.0	1062	15

[0046]

用箱式退火设备回火之后		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	延伸 (%)
			上部	下部	0.2%			
AAA	前部	1.6	138.6	137.6	138.4	146.1	1008	13
		1.6	138.7	138.0	138.6	146.4	1010	13
AAA	尾部	1.1	134.1	133.5	134.0	146.7	1012	14
		1.0	132.9	131.8	132.7	146.4	1010	13
AAA	冷点	0.6	134.3	134.1	134.1	149.5	1031	14
ABA	前部	1.5	136.7	135.5	136.8	146.2	1008	13
		1.4	137.0	136.3	137.1	146.9	1013	14
ABA	尾部	1.6	140.2	139.3	140.2	150.1	1035	12
		1.6	140.5	139.9	140.5	149.3	1030	14
ABA	冷点	0.5	133.2	132.8	133.0	148.9	1027	13
	平均值:	1.3	136.6	135.9	136.5	147.7	1018	13

[0047]

[0048] 90°弯曲测试在回火处理之前,在没有显微镜帮助下呈现可见裂纹之前,双相钢可以承受最小2.5的 r/t 。“ r/t ”为弯曲部分的半径除以钢带的厚度。在回火处理之后,双相钢在1.2的 r/t 下未呈现可见裂纹,其为可用的最小半径冲模。这些测试是在“硬”方向上进行的,即弯曲轴线平行于轧制方向。结果在表5中给出。

[0049] 表5 90°弯曲测试

[0050]

用箱式退火设备回火之前		2.8 r/t (4.0 mm 冲模)	2.5 r/t (3.5 mm 冲模)	2.1 r/t (3.0 mm 冲模)	1.8 r/t (2.5 mm 冲模)	1.4 r/t (2.0 mm 冲模)	1.2 r/t (1.75 mm 冲模)	零-T
IAAA	前部	通过	通过	失败	失败	失败		
AAA	尾部	通过	通过	通过	失败	失败		
ABA	前部	通过	通过	失败	失败	失败		
ABA	尾部	通过	通过	边缘裂纹	失败	失败		

[0051]

用箱式退火设备回火之后		2.8 r/t (4.0 mm 冲模)	2.5 r/t (3.5 mm 冲模)	2.1 r/t (3.0 mm 冲模)	1.8 r/t (2.5 mm 冲模)	1.4 r/t (2.0 mm 冲模)	1.2 r/t (1.75 mm 冲模)	零-T
AAA	前部	通过		通过	通过	通过	通过	
		通过		通过	通过	通过	通过	
AAA	尾部	通过		通过	通过	通过	通过	
		通过		通过	通过	通过	通过	
AAA	冷点						通过	
ABA	前部	通过		通过	通过	通过	通过	
		通过		通过	通过	通过	通过	
ABA	尾部	通过		通过	通过	通过	通过	失败
		通过		通过	通过	通过	通过	
ABA	冷点						通过	

[0052] 扫描电子显微镜本实施例的特定双相钢中的铁素体-马氏体结构通常是非常精细的,并且不容易使用光学显微镜分辨。回火处理之后,使用扫描电子显微镜分辨马氏体向铁素体和碳化物的转化。

[0053] 总结两个双相钢卷的箱式退火回火处理使保持扩张能力翻倍,从15%到30%,并极大地改善了弯曲性能,同时保持了142ksi (980MPa) 的最小抗拉强度。回火确实使YPE回归产品中,导致平均屈服强度从96ksi增加到135ksi (662至931MPa)。

[0054] 实施例4

[0055] 用于测试的特定箱式退火设备中的较高温度导致标称抗拉强度为980MPa的双相钢的最终结果中的一些变化和提高了的屈服强度,如报告在以下表6中的结果中所见:

[0056] 表6

[0057]	温度 (°F)	回火时间 (小时)	YPE (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	扩孔率 (%)
	标准产品	0	0	659	1041	16
	450	9	1.2	1038	1128	
	550	10	1.8	881	966	
	550	30	1.4	920	995	29

[0058] 实施例5

[0059] 在实验室中,标称抗拉强度为980MPa的双相钢的回火表现在较低的回火温度下得到更好的控制,其可能需要较长的回火时间,如下表7中所示:

[0060] 表7

[0061]	温度 (°F)	回火时间 (小时)	YPE (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)
	标准产品	0	0	681	1029
	220	24	0	684	1008
	265	24	0	695	1035
	285	24	0	741	1041

[0062] 实施例6

[0063] 在涂布线上使用其感应加热器对标称抗拉强度为980MPa的双相钢进行回火热处理。在离开感应加热器时和卷绕之前测量带材的温度。研究了三种条件并在表8中描述:

[0064] 表8

[0065]	离开感应器温度 (°F)	卷绕温度 (°F)	YPE (%)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)
	标准产品	0	0	689	1058
	590	115	1.8	973	1051
	600	250	2.1	989	1058
	700	275	2.6	991	1033

[0066] 当离开感应器的带材温度和卷绕温度降低时,屈服强度和YPE量也降低。此连续工艺的带材温度控制将使屈服强度和YPE降低到原始屈服强度和零YPE (如果需要的话)。

[0067] 实施例7

[0068] 在图3中,将实施例3、4和5中的双相980屈服强度数据绘制为单位为微米的经计算扩散距离 x 的函数。使用图3和以上呈现的扩散方程,可以开发出将产生具有DP980所需的屈服强度的回火产品的热处理。例如,如果需要具有800MPa屈服强度的回火DP980产品,可以选择时间和温度组合,以使得屈服 x 为约1微米。在另一个实例中,如果需要具有950MPa屈服强度的回火DP980产品,可以选择时间和温度组合,以使得屈服 $x < 100$ 微米或使得屈服 $x < 10$ 微米。

[0069] 实施例8

[0070] 在图4中,将实施例2中的双相780屈服强度数据绘制为单位为微米的经计算扩散距离 x 的函数。使用图4和以上呈现的扩散方程,可以开发出将产生具有DP780所需的屈服强度的回火产品的热处理。例如,如果需要具有600MPa或更低的屈服强度的回火DP780产品,需要选择时间和温度组合,以使得屈服 $x < 90$ 微米。在另一个实例中,如果需要具有720MPa屈服强度的回火DP780产品,需要选择时间和温度组合,以使得屈服 $x < 110$ 微米。

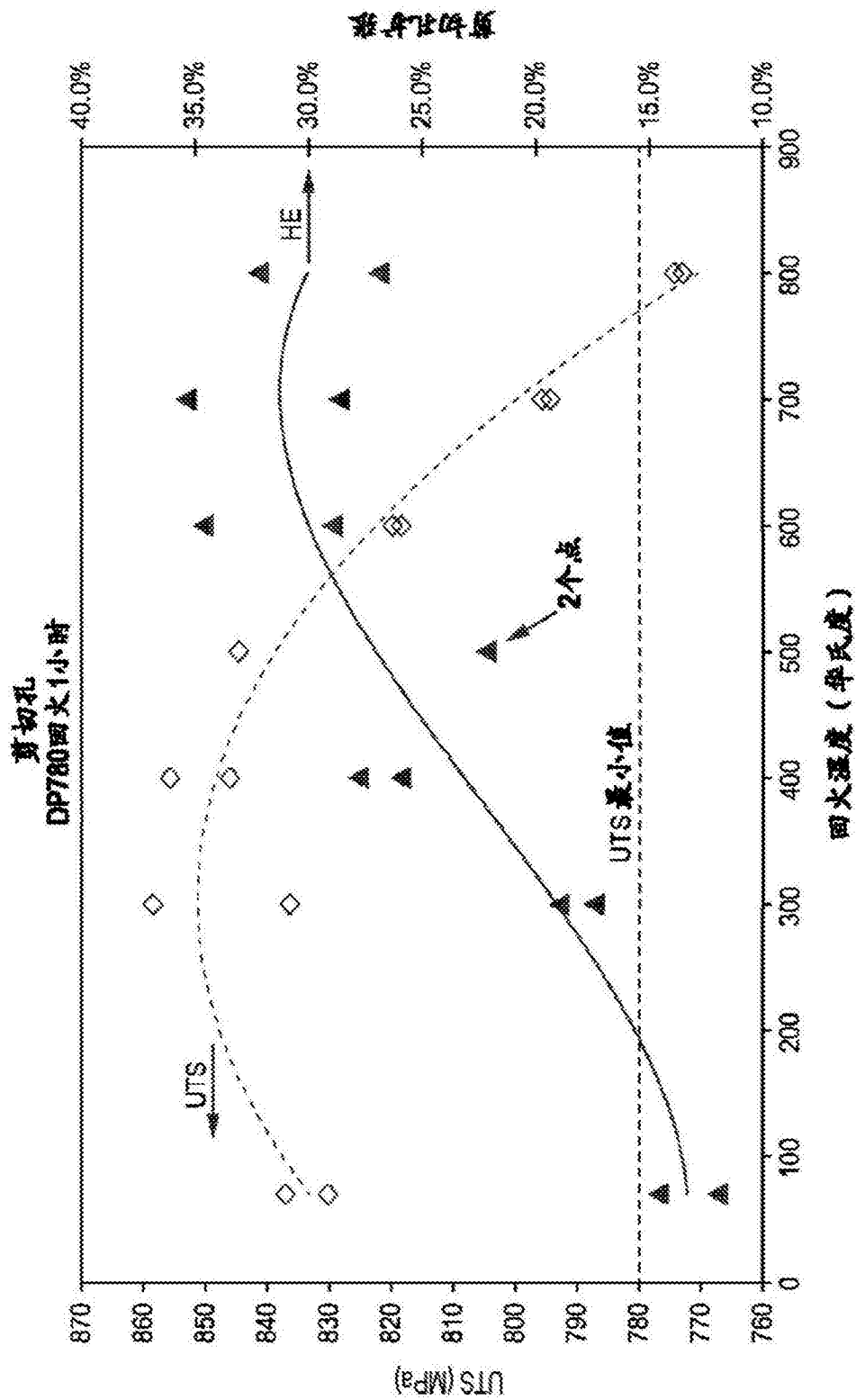


图1

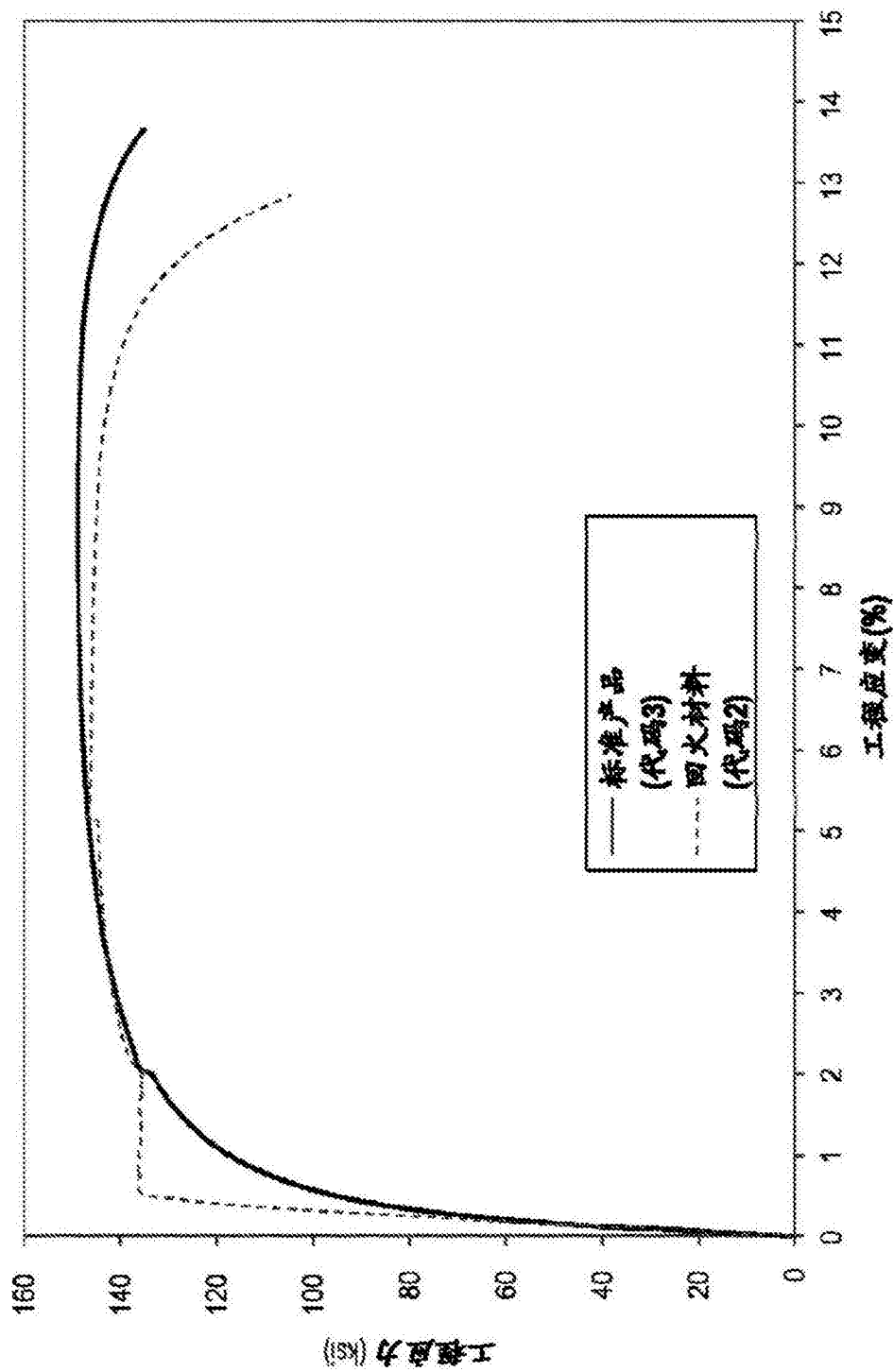


图2

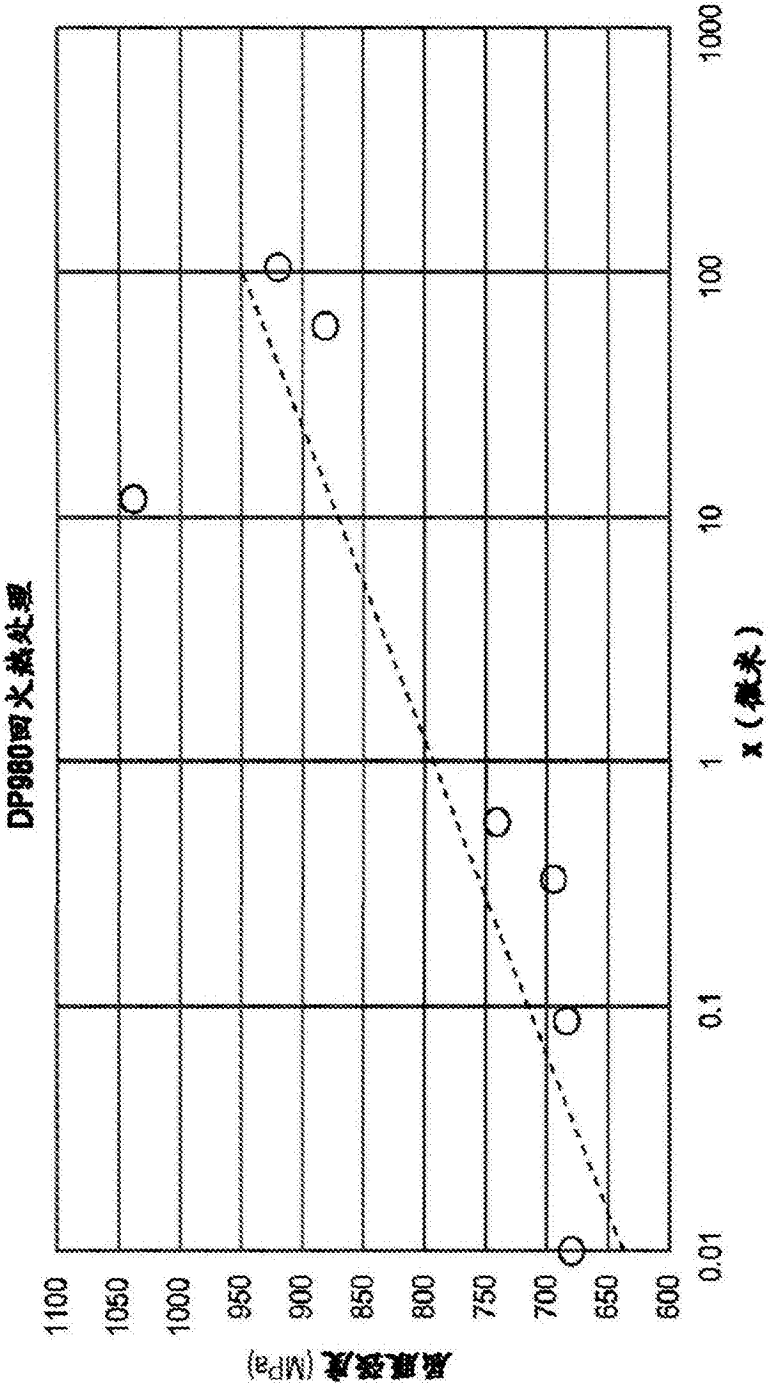


图3

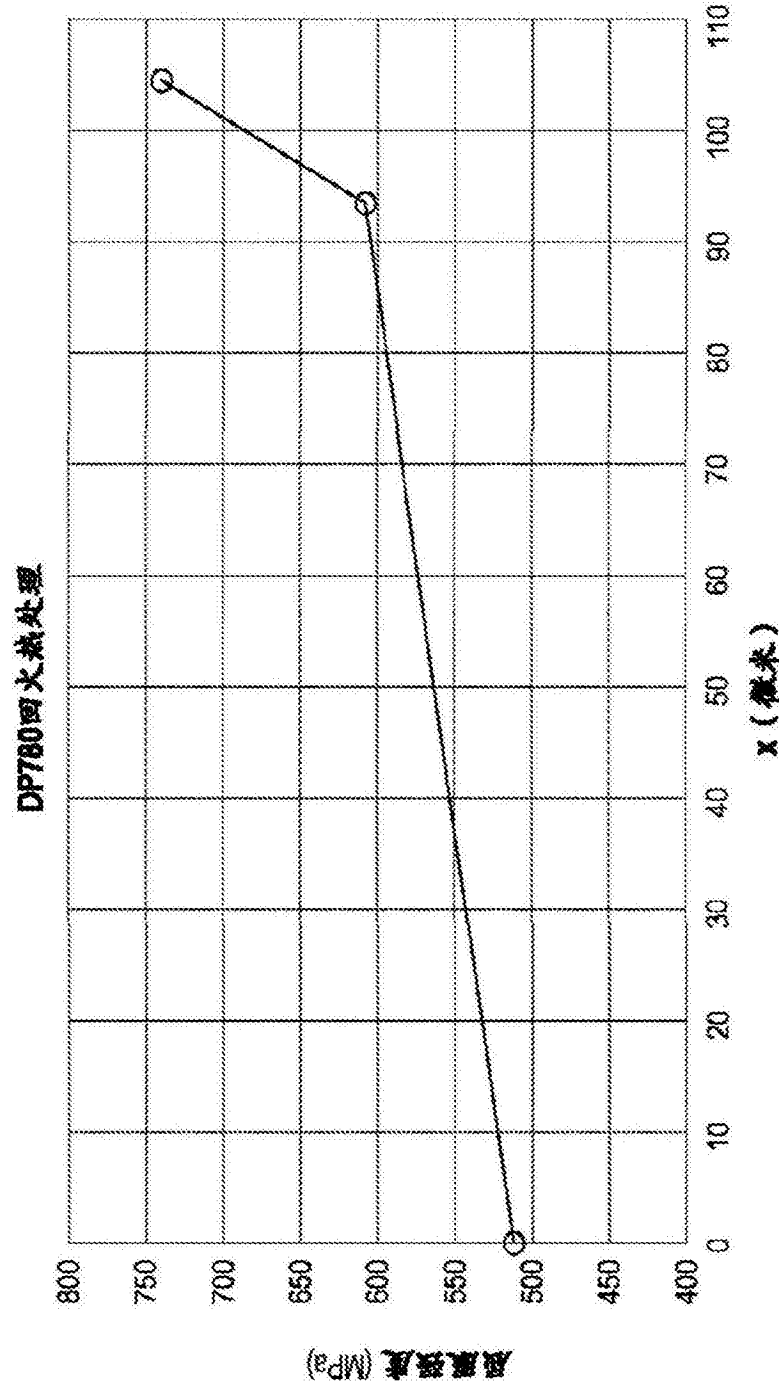


图4