



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I640637 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：105122448

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 15 日

(51)Int. Cl. : C21D9/46 (2006.01)

C21D1/18 (2006.01)

(30)優先權：2015/07/15 美國

62/192,897

(71)申請人：美商 A K 鋼鐵資產公司 (美國) AK STEEL PROPERTIES, INC. (US)
美國(72)發明人：派瑞高斯 喬治 A PARASKOS, GEORGE A. (US)；康斯達克 羅伯特 J
COMSTOCK, ROBERT J. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201016862A1

CN 101960034B

US 3926685

US 5454883

審查人員：李忠憲

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：4 共 18 頁

(54)名稱

高可成形性雙相鋼

HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL

(57)摘要

為改善雙相鋼之可成形性，麻田散鐵相經回火以形成碳化肥粒鐵結構。該回火熱處理之時間及溫度必須足夠長且足夠熱以促進轉化，以使擴孔及彎曲測試值提昇所要之量，但該熱處理之時間及溫度一定不可太長，亦不可太高，否則材料強度降低至所要之最小值以下。可經由閉箱退火或連續退火實現此類回火熱處理。其可在冷軋軋後或塗覆後施用。

To improve the formability of dual phase steels, the martensite phase is tempered to form a ferrite-carbide structure. The time and temperature of the tempering heat treatment must be long enough and hot enough to promote that transformation such that the hole expansion and bending test values improve the desired amount but the time and temperature of the heat treatment must not be so long nor so high that the material strength decreases below desired minimum values. Such tempering heat treatment can be accomplished via box annealing or continuous annealing. It can be applied after cold rolling or after coating.

指定代表圖：

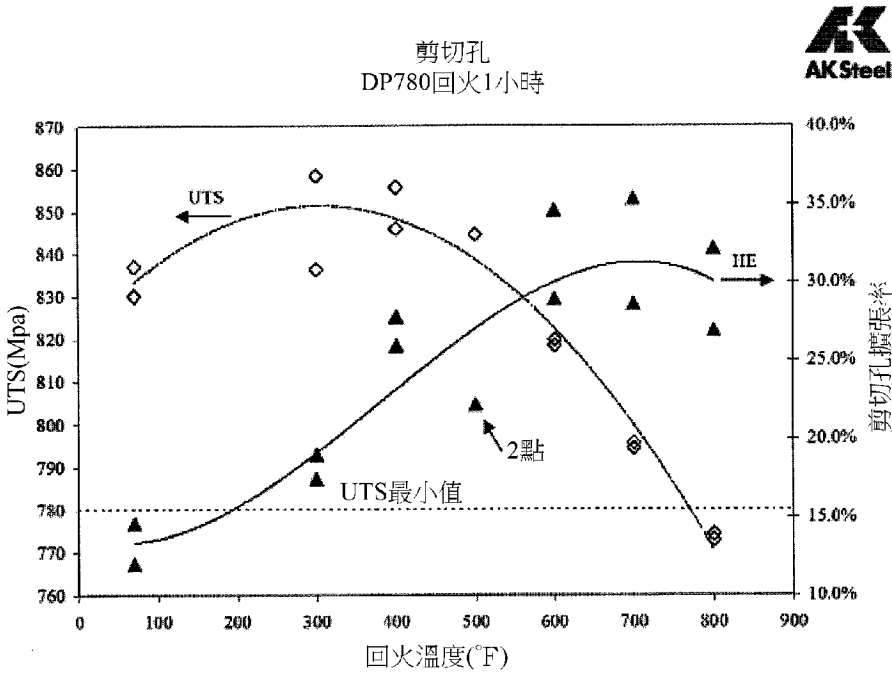


圖1

I640637

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】

高可成形性雙相鋼

HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL

【中文】

為改善雙相鋼之可成形性，麻田散鐵相經回火以形成碳化肥粒鐵結構。該回火熱處理之時間及溫度必須足夠長且足夠熱以促進轉化，以使擴孔及彎曲測試值提昇所要之量，但該熱處理之時間及溫度一定不可太長，亦不可太高，否則材料強度降低至所要之最小值以下。可經由閉箱退火或連續退火實現此類回火熱處理。其可在冷軋軋後或塗覆後施用。

【英文】

To improve the formability of dual phase steels, the martensite phase is tempered to form a ferrite-carbide structure. The time and temperature of the tempering heat treatment must be long enough and hot enough to promote that transformation such that the hole expansion and bending test values improve the desired amount but the time and temperature of the heat treatment must not be so long nor so high that the material strength decreases below desired minimum values. Such tempering heat treatment can be accomplished via box annealing or continuous annealing. It can be applied after cold rolling or after coating.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

高可成形性雙相鋼

HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL

優先權

本申請案主張2015年7月15日申請之美國臨時申請案第62/192,897號(名稱為高可成形性雙相鋼(HIGH FORMABILITY DUAL PHASE STEEL))之優先權，其揭示內容以引用之方式併入本文中。

【先前技術】

雙相鋼為眾所周知的且廣泛地用於需要高強度鋼之應用(諸如汽車應用)中。其通常包含肥粒鐵及麻田散鐵相。人們認為此等鋼在彎曲及邊緣拉伸方面(通常使用擴孔之已知方法來量測)具有有限之可成形性。

在標準雙相鋼之彎曲或邊緣拉伸期間，麻田散鐵相幾乎不經歷變形，因此使肥粒鐵適應大部分應力。隨著應力增加，肥粒鐵開始達到其延展性之極限，且空隙開始形成於肥粒鐵-麻田散鐵界面處。隨著應力進一步增加，隨後空隙可形成裂紋。

【發明內容】

為改善雙相鋼之可成形性，麻田散鐵相經回火以形成碳化肥粒鐵結構。經回火之麻田散鐵結構具有低於原始麻田散鐵之強度。此較低強度使得彎曲或拉伸鋼中之應力更為均勻地分散於整個材料中，藉此使材料中之空隙形成減至最少。

在一個實施例中，回火步驟在閉箱退火步驟中進行。閉箱退火步驟在麻田散鐵已形成於雙相鋼中後進行。舉例而言，其可在連續退

火線中之熱處理後進行，或其可在鋼已經過熱處理及在熱浸線中經塗覆(例如利用金屬塗料，諸如鋁、鋅、鉛或此等金屬中之一或多者的合金)後進行。

在另一實施例中，回火步驟以連續方式進行，諸如在形成麻田散鐵後，在連續退火、連續回火熱處理或連續塗覆線上進行。用於回火步驟之熱量可由感應加熱器或其他帶狀加熱方法提供。

在一些實施例中，在加熱步驟後，回火步驟可進一步包含在平整機上進行之回火軋軋。

【圖式簡單說明】

圖1描繪隨溫度而變之具有780 MPa拉伸強度的雙相鋼帶之提高的擴孔比率。

圖2顯示根據一個實施例，不經回火熱處理及在閉箱退火爐中進行回火熱處理後，具有980 MPa拉伸強度之雙相鋼帶的應力-應變曲線。

圖3顯示在回火期間碳的平均擴散距離與具有980 MPa拉伸強度之雙相鋼帶之屈服強度之間的所計算之關係。

圖4顯示在回火期間碳的平均擴散距離與具有780 MPa拉伸強度之雙相鋼帶之屈服強度之間的所計算之關係。

【實施方式】

使用時間-溫度法對雙相鋼中之麻田散鐵相進行回火，將麻田散鐵中的一些或全部轉化為肥粒鐵及滲碳體。滲碳體為碳化物。回火熱處理之時間及溫度必須足夠長及足夠熱以促進該轉化，以使擴孔及彎曲測試值提昇所要之量。熱處理之時間及溫度一定不可太長，亦不可太高，否則材料拉伸強度降低至低於所要之最小值，或材料之屈服強度提高至高於所要之最大值。能夠由遵循本申請案之傳授內容的本領域普通技術人員來測定任何給出之回火步驟的準確時間及溫度。回火

步驟包含加熱鋼帶。回火步驟可進一步包含加熱步驟後之回火軋軋。

回火係由碳擴散控制且其係視時間-溫度而定。碳之累積擴散距離(以cm為單位，表示為x)可用於界定回火之量值：

$$x = (2Dt)^{1/2}$$

其中t為時間(以秒為單位)-溫度且D為擴散率(以cm²/s為單位)。

時間(t)及溫度(T)之函數x可為在各種時間及溫度條件下之x_n值的總和：

$$x = x_1(t_1, T_1) + x_2(t_2, T_2) + x_3(t_3, T_3) + \dots + x_n(t_n, T_n)$$

擴散率係由以下阿瑞尼士型等式(Arrhenius type equation)界定：

$$D = D_0 e^{-Q/RT}$$

其中Q為活化能= 32,000 cal/mol，

$$D_0 = 0.15 \text{ cm}^2/\text{s}，$$

$$R = 1.987 \text{ cal}/(\text{mol K})，$$

且T為溫度(以開爾文(Kelvin，絕對溫度)為單位)。

在提高之回火改善可成形性時，其亦提高鋼之屈服強度且引入屈服點伸長率(YPE)。鋼使用者對各種類別之雙相鋼具有屈服強度要求。因此，回火之量可能需要受到限制以遵守屈服強度要求。將顯示擴散距離x與兩種雙相鋼類別(DP780及DP980)之屈服強度相關。因此，在保持在所要求之屈服強度範圍內的同時，使用以上將提供最大回火之等式可完善熱處理(其將提供最佳可成形性)。

在一個實施例中，在已產生合適的麻田散鐵-肥粒鐵微觀結構後，使用用於鋼卷之標準鋼鐵生產閉箱退火設備或焙烤型設備對一卷雙相鋼帶進行回火熱處理。另外，此使用閉箱退火設備之閉箱回火可在已(例如用鋅、鋁、鉛或此等塗料中之一或多者之合金)塗覆鋼帶後進行。可藉由任何習知方法(包括電解塗覆或熱浸塗覆方法)塗覆此類塗層。閉箱退火可在後續熱處理之後進行或與之合併，諸如將鋅塗料

與基部雙相鋼摻合以形成鍍鋅退火塗層。在閉箱退火後，鋼帶亦可經回火輥壓以改善鋼帶之形狀、消除屈服點伸長或為鋼帶上油。對於某些實施例，且尤其對於雙相鋼，此類閉箱退火適於回火。

在另一實施例中，可使用連續製程實施回火熱處理，諸如連續退火線或連續塗覆線或連續熱處理線。在一個實施例中，連續加熱製程包含感應加熱。如同閉箱退火製程，連續回火熱處理步驟可在已冷軋軋鋼帶後，或在已塗覆鋼帶後進行。連續回火熱處理亦可後接回火軋軋步驟。

實例1

使用此類雙相鋼帶之典型製程製造具有780 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼。在冷軋軋及鍍鋅後，在乾燥氮氣氛圍中在各種溫度下對鋼帶進行一小時實驗室退火循環。所得提高之擴孔展示於圖1中。

實例2

使用此類雙相鋼帶之典型製程製造兩卷具有780 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼。在冷軋軋及鍍鋅後，在乾燥氮氣氛圍中在550°F下對兩卷鋼帶進行閉箱退火循環分別持續24及30小時。結果報導於下文表1中：

表1

溫度 (°F)	回火時間 (小時)	YPE (%)	屈服強度 (MPa)	拉伸強度 (MPa)	擴孔比率 (%)
標準產品	0	0	512	855	16
550	24	0.5	608	811	32
550	30	1.8	740	834	47

24小時週期具有低屈服點伸長率(YPE)及與標準產品之屈服強度相近之屈服強度，但具有兩倍之擴孔比率(HER)。30小時之更長回火時間進一步提高HER，但顯著提高YPE及屈服強度之量。

實例3

使用此類雙相鋼帶之典型製程製造兩卷具有980 MPa標稱拉伸強

度之雙相鋼。在冷軋軋及鍍鋅後，在乾燥氮氣氛圍中在550°F下對兩卷鋼帶進行閉箱退火循環持續30小時。在閉箱退火後，在平整機上回火軋軋鋼卷至0.27% (最大值)及0.12% (平均值)。

擴孔測試。使用具有¾吋直徑剪切孔之半球形穿孔測試，雙相鋼中之平均擴孔自回火處理前之14%提高至回火處理後之31%。使用具有10 mm剪切孔之圓錐形穿孔測試，雙相鋼中之平均擴孔自回火處理前之16%提高至回火處理後之29%。自縱向、橫向、對角1及對角2直徑之平均值來測定擴張孔之平均直徑。使用三種樣品之平均值來確定不合格之擴孔百分比。在¾吋樣品中，穿孔模隙為17%，且在10 mm樣品中為12.8%。此等結果列於表2中。

表2

使用閉箱退火設備進行回火前		厚度(吋)	擴孔(%) (¾吋直徑剪切孔)	擴孔(%) (10 mm直徑剪切孔)
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

使用閉箱退火設備進行回火後		厚度(吋)	擴孔(%) (¾吋直徑剪切孔)	擴孔(%) (10 mm直徑剪切孔)
AAA	前部	0.0560	33	33
			32	26
AAA	尾部	0.0560	30	34
			33	29
AAA	冷點	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	冷點	0.0557	31	30
		平均值：	31	29

拉伸特性。標準製程後之雙相鋼中的平均縱向拉伸強度為151 ksi (1040 MPa)。在回火處理後，此強度下降至平均144 ksi (995 MPa)。無樣品具有低於143 ksi (986 MPa)之拉伸強度。細節報導於下

文表3中。雙相鋼帶中之橫向拉伸強度平均為154 ksi (1062 MPa)。此強度下降至148 ksi (1018 MPa)。細節報導於下文表4中。

在回火處理後，產生1%至2%之屈服點伸長率(「YPE」)且屈服強度自95 ksi提高至135 ksi (655 MPa至931 MPa)。雙相鋼中之總伸長率亦自不經任何回火處理之16%下降至回火處理後之13%。此等結果亦列於表3及表4中。標準及回火產品兩者之應力-應變曲線的實例均顯示於圖2中。

表3 縱向拉伸特性

使用閉箱退火設備進行回火前		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	伸長率(%)
			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

使用閉箱退火設備進行回火後		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	伸長率(%)
			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	冷點	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	冷點	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

表4 橫向拉伸特性

使用閉箱退火設備進行回火前		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	伸長率(%)
			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

使用閉箱退火設備進行回火後		YPE (%)	YS (ksi)			TS (ksi)	TS (MPa)	伸長率(%)
			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	冷點	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	冷點	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

90°彎曲測試。在回火處理前，雙相鋼在呈現在無顯微鏡輔助下可見之裂紋前，可承受2.5之最小r/t。「r/t」為彎曲之半徑除以鋼帶之厚度。在回火處理後，雙相鋼在1.2 r/t (其為可用的最小半徑模)下未呈現可見之裂紋。此等測試在「難磁化」方向中進行，亦即彎曲軸與軋軋方向平行。結果在表5中給出。

表5 90°彎曲測試

使用閉箱退火設備進行回火前		2.8 r/t (4.0 mm 模)	2.5 r/t (3.5 mm 模)	2.1 r/t (3.0 mm 模)	1.8 r/t (2.5 mm 模)	1.4 r/t (2.0 mm 模)	1.2 r/t (1.75 mm模)	零T
IAAA	前部	合格	合格	不合格	不合格	不合格		
AAA	尾部	合格	合格	合格	不合格	不合格		
ABA	前部	合格	合格	不合格	不合格	不合格		
ABA	尾部	合格	合格	邊緣裂紋	不合格	不合格		

使用閉箱退火設備進行回火後		2.8 r/t (4.0 mm 模)	2.5 r/t (3.5 mm 模)	2.1 r/t (3.0 mm 模)	1.8 r/t (2.5 mm 模)	1.4 r/t (2.0 mm 模)	1.2 r/t (1.75 mm模)	零T
---------------	--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----

AAA	前部	合格		合格	合格	合格	合格	
		合格		合格	合格	合格	合格	
AAA	尾部	合格		合格	合格	合格	合格	
		合格		合格	合格	合格	合格	
AAA	冷點						合格	
ABA	前部	合格		合格	合格	合格	合格	
		合格		合格	合格	合格	合格	
ABA	尾部	合格		合格	合格	合格	合格	不合格
		合格		合格	合格	合格	合格	
ABA	冷點						合格	

掃描電子顯微鏡檢查。此實例之特定雙相鋼中的肥粒鐵-麻田散鐵結構通常為極精細的且不易於使用光學顯微鏡解析。在回火處理後，使用掃描電子顯微鏡解析麻田散鐵至肥粒鐵及碳化物之轉化。

總結。兩種雙相鋼卷之閉箱退火回火處理使擴孔能力加倍(自15%至30%)，且在保持142 ksi (980 MPa)之最小拉伸強度的同時，大大改善彎曲特性。回火確實將YPE恢復至產品中，其導致平均屈服強度自96 ksi提高至135 ksi (662 MPa至931 MPa)。

實例4

用於測試之特定閉箱退火設備中的較高溫度導致在最終結果中，具有980 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼產生某些變化且屈服強度提高，如下文表6中所報導之結果所見：

表6

溫度 (°F)	回火時間 (小時)	YPE (%)	屈服強度 (MPa)	拉伸強度 (MPa)	擴孔比率 (%)
標準產品	0	0	659	1041	16
450	9	1.2	1038	1128	
550	10	1.8	881	966	
550	30	1.4	920	995	29

實例5

在實驗室中，在較低回火溫度下更好地控制具有980 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼的回火操作，其隨後可需要較長回火時間，如下文表7中所顯示：

表7

溫度 (°F)	回火時間 (小時)	YPE (%)	屈服強度 (MPa)	拉伸強度 (MPa)
標準產品	0	0	681	1029
220	24	0	684	1008
265	24	0	695	1035
285	24	0	741	1041

實例6

使用其感應加熱器在噴塗線上對具有980 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼進行回火熱處理。在感應加熱器退出時及成卷前，量測鋼帶之溫度。三種條件經研究且描述於表8中：

表8

感應器外之溫度 (°F)	成卷溫度 (°F)	YPE (%)	屈服強度 (MPa)	拉伸強度 (MPa)
標準產品	0	0	689	1058
590	115	1.8	973	1051
600	250	2.1	989	1058
700	275	2.6	991	1033

隨著電感器外之鋼帶溫度及成卷溫度的降低，屈服強度及YPE之量亦降低。必要時，此連續製程之鋼帶溫度控制將允許屈服強度及YPE降低至原始屈服強度及零YPE。

實例7

實例3、4及5中之雙相980屈服強度資料作為所計算之擴散距離x (以微米乘100為單位)之函數繪製於圖3中。使用圖3及所提出之擴散等式，可完善將生成回火產品之熱處理，該產品具有DP980之所要的屈服強度。舉例而言，若需要具有800 MPa屈服強度之回火DP980產品，則可選擇時間及溫度組合以使屈服x大約為0.01微米。在另一實例中，若需要具有950 MPa屈服強度之回火DP980產品，則可選擇時間及溫度組合以使屈服x小於1微米，或使屈服x小於0.1微米。

實例8

實例2中之雙相780屈服強度資料作為所計算之擴散距離x (以微

米乘100為單位)之函數繪製於圖4中。使用圖4及所提出之擴散等式，可完善將生成回火產品之熱處理，該產品具有DP780之所要的屈服強度。舉例而言，若需要具有600 MPa或更低屈服強度之回火DP780產品，則需要選擇時間及溫度組合以使屈服 x 小於0.9微米。在另一實例中，若需要具有720 MPa屈服強度之回火DP780產品，則需要選擇時間及溫度組合以使屈服 x 小於1.1微米。

【符號說明】

無

申請專利範圍

1. 一種改善包含肥粒鐵及麻田散鐵之雙相鋼帶的可成形性之方法，該方法包含以下步驟：在足以將該麻田散鐵之至少一部分轉化為肥粒鐵及滲碳體之溫度(T)及時間(t)下，對該雙相鋼帶進行回火熱處理，其中該溫度(T，以開爾文為單位)及時間(t，以秒為單位)滿足以下關係：

$$0.0001 \mu\text{m} \leq (2Dt)^{1/2} \leq 100 \mu\text{m} ,$$

$$D = D_0 e^{-Q/RT} ,$$

$$Q = 32,000 \text{ cal/mol} ,$$

$$D_0 = 0.15 \text{ cm}^2/\text{s} ,$$

$$R = 1.987 \text{ cal}/(\text{mol K}) .$$

2. 如請求項1之方法，其進一步包含該回火熱處理步驟後之回火軋軋該雙相鋼的步驟。
3. 如請求項1之方法，其中該回火熱處理步驟在已冷軋軋該鋼帶後進行。
4. 如請求項1之方法，其中該回火熱處理步驟在已使用塗料塗覆該鋼帶後進行。
5. 如請求項1之方法，其中該回火熱處理步驟為閉箱退火步驟。
6. 如請求項1之方法，其中該回火熱處理步驟為連續回火加熱步驟。
7. 如請求項6之方法，其中該連續回火加熱係由感應加熱所提供。
8. 一種改善具有780 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼的可成形性之方法，其包含以下步驟：在一定溫度下對該雙相鋼帶進行回火熱處理持續一定時間，以使碳在該雙相鋼帶中之累積擴散距離係小於1.1微米。

9. 如請求項8之方法，其中該碳在該雙相鋼帶之中之累積擴散距離係小於0.9微米。
10. 一種改善具有980 MPa標稱拉伸強度之雙相鋼的可成形性之方法，其包含以下步驟：在一定溫度下對該雙相鋼帶進行回火熱處理持續一定時間，以使碳在該雙相鋼帶之中之累積擴散距離係小於1微米。
11. 如請求項10之方法，其中該碳在該雙相鋼帶之中之累積擴散距離係小於0.1微米。
12. 如請求項11之方法，其中該碳在該雙相鋼帶之中之累積擴散距離係大約為0.01微米。

圖式

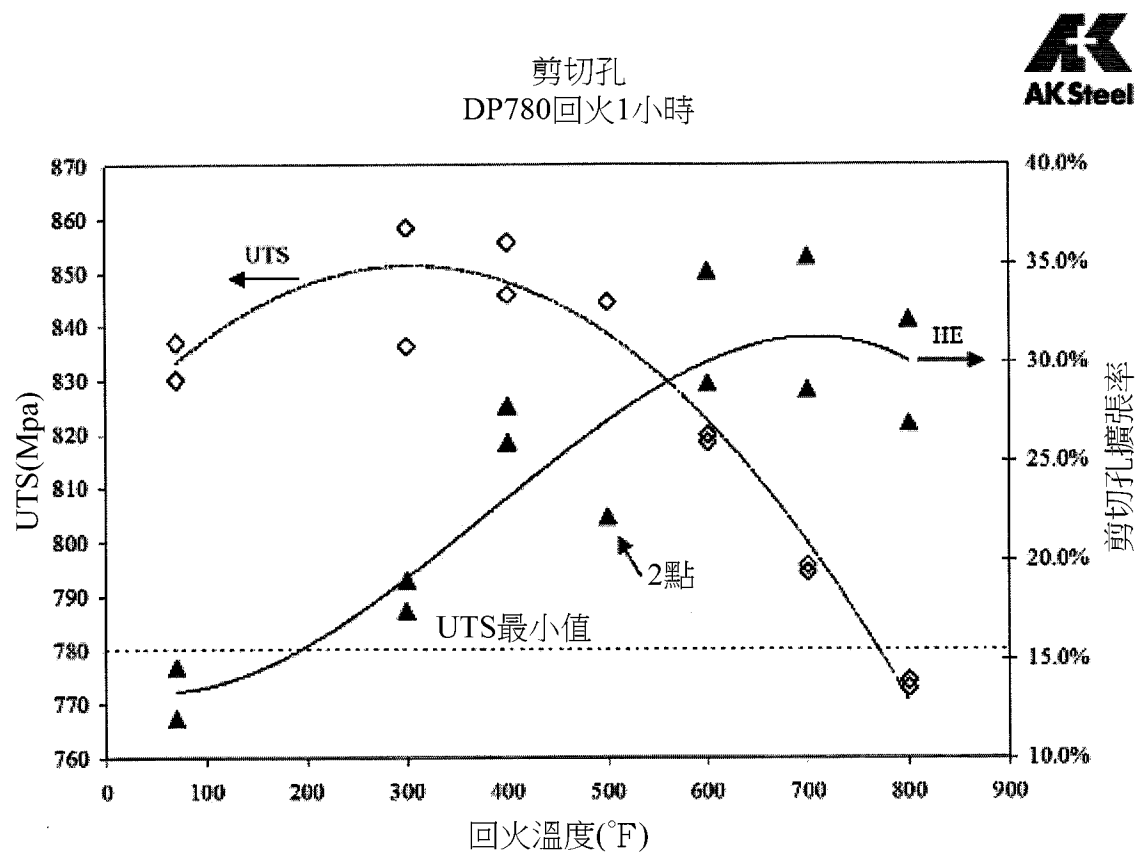


圖1

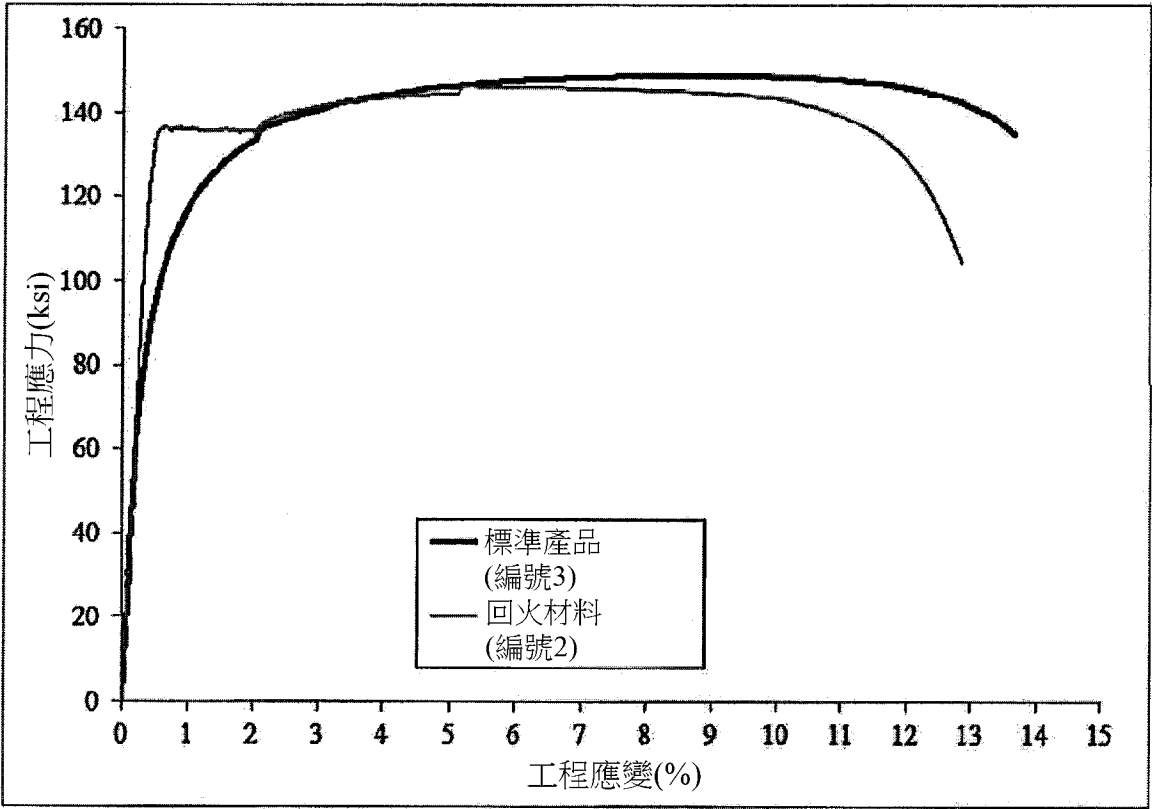


圖2

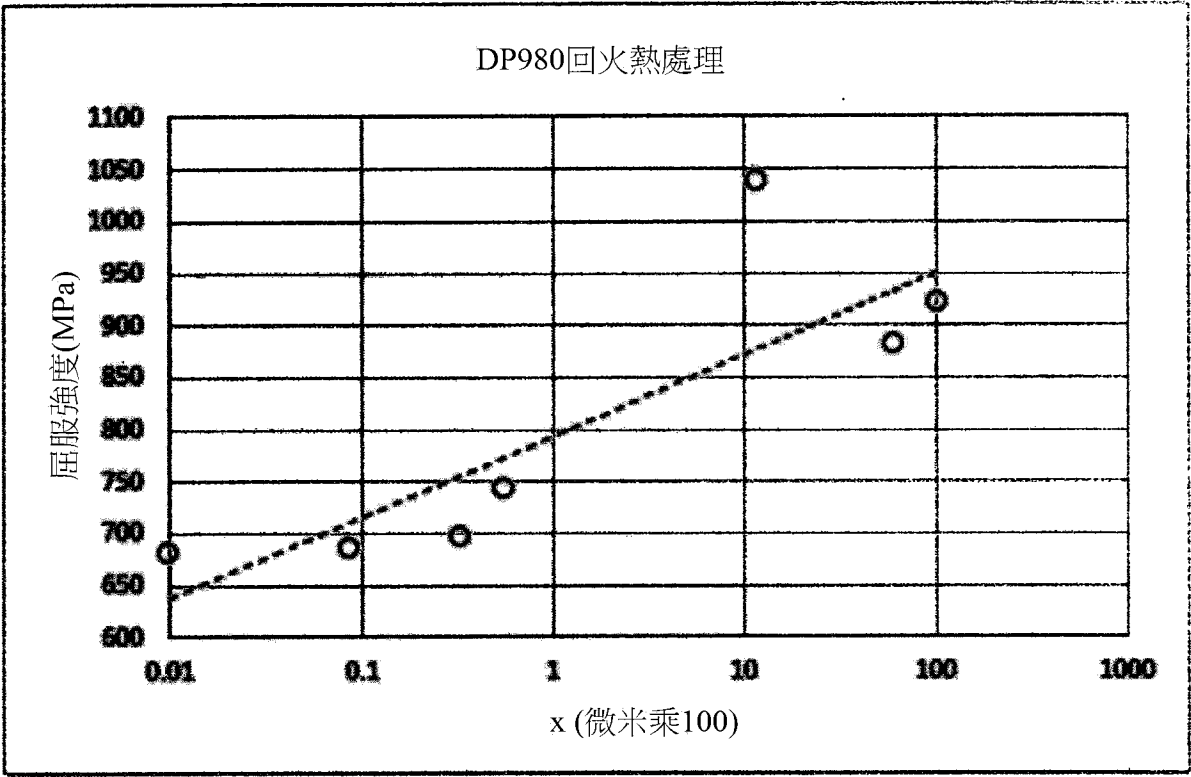


圖3

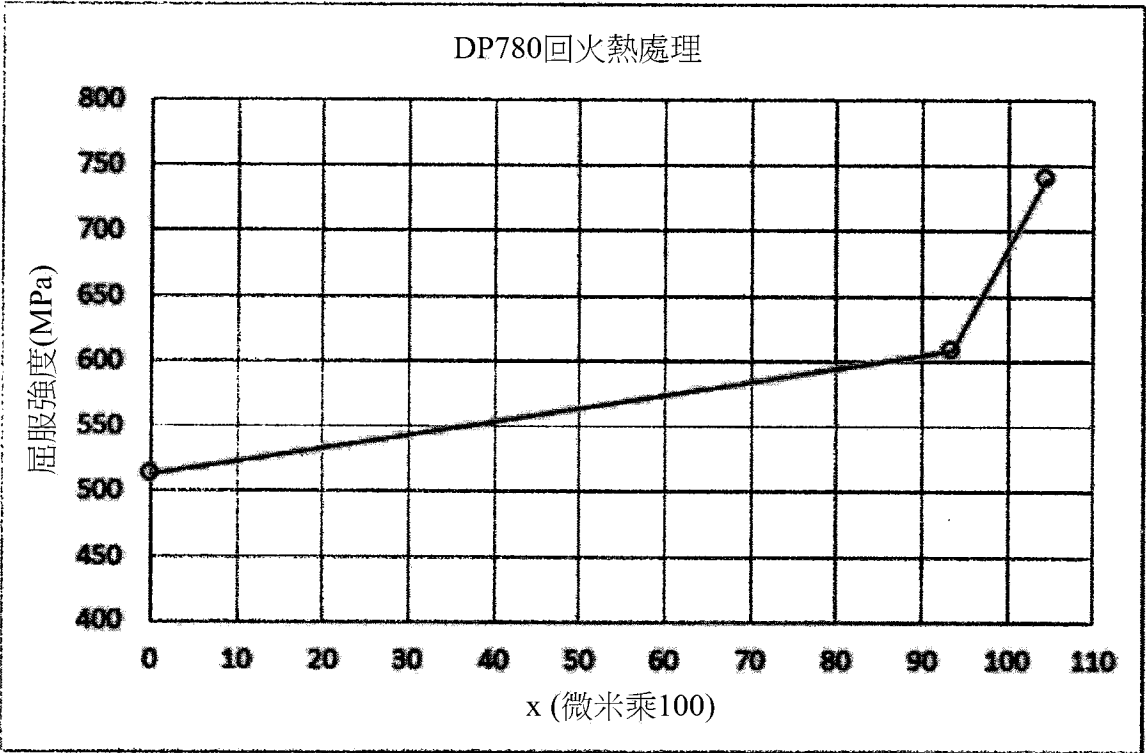


圖4