



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202503082 A

(43)公開日：中華民國 114 (2025) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：113113789

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 04 月 12 日

(51)Int. Cl. : C22C38/60 (2006.01)

(30)優先權：2023/04/13 日本

2023-065684

(71)申請人：日商新報國材料股份有限公司 (日本) SHINHOKOKU MATERIAL CORP. (JP)
日本

(72)發明人：松村信吾 MATSUMURA, SHINGO (JP)；小奈浩太郎 ONA, KOTARO (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：1 項 圖式數：2 共 15 頁

(54)名稱

低熱膨脹合金

(57)摘要

本發明的課題在獲得一種熱膨脹係數小且切削性優異的低熱膨脹合金。本發明之低熱膨脹合金的特徵在於：以質量%計含有 C：0.050%以下、Si：0.50%以下、Mn：2.00~4.00%、S：0.100~0.300%、Ni：35.00~40.00%，剩餘部分為 Fe 及不純物；Mn、S 含量以質量%來表示的 [Mn]、[S]滿足 $[Mn]/[S] \geq 10.0$ ；且其在 18~28°C 的平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。



【發明摘要】

【中文發明名稱】

低熱膨脹合金

【中文】

本發明的課題在獲得一種熱膨脹係數小且切削性優異的低熱膨脹合金。
本發明之低熱膨脹合金的特徵在於：以質量%計含有C：0.050%以下、Si：0.50%以下、Mn：2.00~4.00%、S：0.100~0.300%、Ni：35.00~40.00%，剩餘部分為Fe及不純物；Mn、S含量以質量%來表示的[Mn]、[S]滿足[Mn]/[S]≥10.0；且其在18~28℃的平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

【指定代表圖】 無。

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

低熱膨脹合金

【技術領域】

【0001】 發明領域

本發明是有關於一種低熱膨脹合金，特別是有關於一種切削性優異的低熱膨脹合金。

【先前技術】

【0002】 發明背景

就電子設備或半導體相關機器、雷射加工機、超精密加工機器之零件材料來說，一直廣泛使用熱穩定的不脹鋼(invar)合金。惟，以往的不脹鋼合金之切削性低，因而有著下述問題：在實際應用上被限制在極為狹窄的領域。

【0003】 關於解決該問題的解決手段，專利文獻1揭示一種低熱膨脹鑄鋼，其使用了C、S作為易切削元素；並且，在沃斯田鐵基底組織中，石墨以面積率計為0.5~3%，塊狀MnS以面積率計為0.02~0.3%， $8\mu\text{m}$ 以上的板狀MnS每 1mm^2 具有10~700個；其化學組成以質量%計為C：0.3~0.9%、Si：1.5%以下、Mn：1.0%以下、S：0.01~0.3%、Ni：25~40%、Mg：0.005~0.1%，S與Mn之含量是以 $S \leq (1/4)\text{Mn}$ 或 $(1/4)\text{Mn} < S \leq (1/4)\text{Mn} + 0.05$ 來表示。

【0004】 專利文獻2揭示一種切削性優異的低熱膨脹鑄物用合金，其使用了S作為易切削元素；其係以質量%計含有C：0.1%以下、Ni：30~34%、Co：4~6%的鐵基合金所構成；其含有Mn：0.1~1.0%與S：0.02~0.15%的同時滿足 $(\text{Mn}/54.94) > (\text{S}/32.06)$ ，或者，以體積分率含有MnS為0.007~0.2%的同時實質不存在固溶S。

【0005】 [先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本特開2001-73088號公報

[專利文獻2]日本特開2002-206142號公報

【發明內容】

【0006】 發明概要

發明所欲解決之課題

對於精密機器之構成零件所使用的合金，從易加工性之觀點來看會要求優異的切削性。具備低熱膨脹係數的合金其切削性仍有進一步改善的餘地。本發明則是有鑑於上述情況，課題在於提供一種切削性優異的低熱膨脹合金。

【0007】 用以解決課題之手段

本案發明人等針對進一步提升切削性之低熱膨脹合金的獲得方法作了專心研討。結果獲得的見解是，尤其透過適切控制Mn、S、Ni之含量，就能獲得一種熱膨脹係數小且切削性優異的低熱膨脹合金。

【0008】 本發明是基於上述見解所完成者，並包含以下態樣。

【0009】 一種低熱膨脹合金，其特徵在於以質量%計含有：

C：0.050%以下、Si：0.50%以下、Mn：2.00~4.00%、P：0.050%以下、S：0.100~0.300%、Ni：35.00~40.00%，剩餘部分為Fe及不純物；

Mn、S含量以質量%來表示的[Mn]、[S]滿足 $[Mn]/[S] \geq 10.0$ ；且

其在18~28℃的平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。

【0010】 發明效果

依照本發明，能獲得一種切削性優異的低熱膨脹合金，因而就能容易進行例如製成精密機器之構成零件的加工。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖1是一張說明實施例中工具磨耗量之評價的圖。

圖2是一張說明實施例中切屑破碎性之評價的圖。

【實施方式】

【0012】 本發明的實施形態

用以實施發明之形態

以下，詳述本發明。

【0013】 <化學組成>

首先，說明本發明之低熱膨脹合金的化學組成。以下，化學組成相關的「%」只要無特別申明，就是表示「質量%」。

【0014】 (C：0.050%以下)

C雖是一種會在鑄物中以石墨形式晶析(crystallize out)而提升切削性的元素，但也是一種會增加熱膨脹係數的元素。在本發明之低熱膨脹合金中，為了抑制熱膨脹係數增加，C含量設為0.050%以下。含C並非必要，C含量可為0%。C含量可為0.001%以上、0.003%以上、0.004%以上、或0.005%以上。C含量可為0.045%以下、0.040%以下、0.035%以下、0.030%以下、0.025%以下、或0.020%以下。

【0015】 (Si：0.50%以下)

Si是一種會與S複合藉此提升切削性的元素。Si含量變多時，熱膨脹係數會增加，故考量切削性與熱膨脹係數的權衡，Si含量設為0.50%以下。提升切削性這件事也可透過添加S來獲得，故Si並非必要，Si含量可為0%。Si含量可為0.47%以下、0.45%以下、0.40%以下、0.35%以下、0.30%以下、或0.20%以下。Si含量可為0.01%以上、0.02%以上、0.03%以上、0.05%以上、0.10%以上、或0.15%以上。

【0016】 (Mn：2.00~4.00%)

Mn是一種會與S形成化合物而提升切削性的元素。其還是一種會抑制鑄造、

鍛造時之裂紋的元素。Mn含量變多時，熱膨脹係數會增加，故考量切削性與熱膨脹係數的權衡，Mn含量設為2.00~4.00%。Mn含量可為2.10%以上、2.20%以上、2.30%以上、2.40%以上、2.50%以上、2.75%以上、或3.00%以上。Mn含量可為3.90%以下、3.80%以下、3.70%以下、3.60%以下、3.50%以下、或3.40%以下。

【0017】 (P：0.050%以下)

P是作為不純物而被含有的元素，並無須含於本發明之低熱膨脹合金中，P含量可為0%。大量含有P時，就會變得容易產生鑄造裂紋，故P含量設為0.050%以下。P含量可為0.040%以下、0.035%以下、0.030%以下、0.025%以下、或0.020%以下。過度減少P含量時製造成本會提高，故P含量可為0.001%以上、0.002%以上、0.003%以上、或0.005%以上。

【0018】 (S：0.100~0.300%)

S是一種會與Mn形成化合物而提升切削性的元素。S含量變多時，S會在晶界偏析從而使合金脆化，並在鑄造、鍛造時會變得容易產生裂紋，因此，考量切削性與合金脆化的權衡，S含量設為0.100~0.300%。S含量可為0.105%以上、0.110%以上、0.120%以上、0.130%以上、0.150%以上、0.170%以上、或0.200%以上。S含量可為0.290%以下、0.280%以下、0.260%以下、0.240%以下、或0.230%以下。

【0019】 (Ni：35.00~40.00%)

Ni是一種會使熱膨脹係數降低的元素。本發明之低熱膨脹合金其18~28℃之平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。該熱膨脹係數主要是透過將Ni含量設為適切範圍來獲得。Ni含量不論是過多還是過少，熱膨脹係數都不會充分下降。為了使熱膨脹係數充分下降，Ni含量是設為35.00~40.00%。Ni含量可為35.20%以上、35.40%以上、35.60%以上、35.80%以上、36.00%以上、36.50%以上、37.00%以上、或37.50%以上。Ni含量可為39.80%以下、39.60%以下、39.40%以下、39.20%以下、39.00%以下、38.70%以下、或38.40%以下。

【0020】 化學組成之剩餘部分為Fe及不純物。在此所謂不純物，是指：工業上製造主要具有本發明所規定化學組成的鑄物時，從原料、製造環境等不可避免地混入的成分；而且是指：即使混入上述元素以外的元素也不會損害本發明之低熱膨脹合金的切削性、熱膨脹係數的成分。不純物含量合計宜為0.50%以下。不純物含量合計可為0.40%以下、0.30%以下、0.20%以下、0.10%以下。

【0021】 ($[\text{Mn}]/[\text{S}] \geq 10.0$)

本發明之低熱膨脹合金其Mn、S含量進一步以質量%來表示的[Mn]、[S]會滿足 $[\text{Mn}]/[\text{S}] \geq 10.0$ 。

【0022】 由於S會與Mn充分形成化合物而提升切削性，故 $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 設為10.0以上。 $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 可為10.5以上、11.0以上、11.5以上、12.0以上、13.0以上、14.0以上、15.0以上、20.0以上、或25.0以上。 $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 低就表示：S含量對於Mn含量是相對較大之意，S在晶界偏析的量會增加，因此，就有可能在鑄造、鍛造時會變得容易產生裂紋。若 $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 高，則S在晶界偏析的量就會減少，因此， $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 之上限不作限定。 $[\text{Mn}]/[\text{S}]$ 可為50.0以下、46.0以下、43.0以下、37.0以下、30.0以下、或27.0以下。

【0023】 <熱膨脹係數>

本發明之低熱膨脹合金其在18~28℃的平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。關於熱膨脹係數，是從鑄造品或鍛造品之中心部附近採取熱膨脹係數測定試驗片，並使用熱膨脹係數測定機以升溫速度 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 對於0~50度之範圍進行測定。作為熱膨脹測定裝置，可使用Bruker Japan公司製之TD5030S。平均熱膨脹係數可為 $4.90 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $4.81 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $4.62 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $4.50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $4.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $4.43 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、或 $4.34 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。平均熱膨脹係數之下限不作限定。平均熱膨脹係數也可為負值。平均熱膨脹係數可為 $0.01 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上、 $0.40 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上、 $0.80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上、 $1.60 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上、 $2.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上、或2.50

$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以上。

【0024】 《製造方法》

接著，說明用以獲得本發明低熱膨脹合金的製造方法。

【0025】 本發明之低熱膨脹合金在製造上所使用的鑄模、將鋼液注入鑄模的注入裝置、注入方法並不特別限定，使用習知裝置、方法即可。藉由鑄造所製出的鑄造品可直接透過切削加工等進行加工，或者在鍛造後進行加工，從而獲得鋼零件。

【0026】 對於所得之鑄造品實施固溶處理。固溶處理是將鑄造品加熱至 $750\sim 850^{\circ}\text{C}$ 並保持 $0.5\sim 3\text{hr}$ 後進行氣冷。透過氣冷，就如同進行了急冷這般，產生殘留應力之情況會消失，因而就能降低在切削加工時所產生的翹曲或應變。固溶處理亦可在以下鍛造後實施來取代在鑄造後實施。

【0027】 接著，在溫度 $1050\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 施行熱鍛造。此時之鍛造比宜為3以上。即使是施行了熱鍛造之情況，本發明之低熱膨脹合金的低熱膨脹特性也仍大致維持。又，也能透過熱軋軋及冷軋軋而加工成厚度 $0.1\sim 10\text{mm}$ 。即使如此，低熱膨脹特性仍大致維持。

【0028】 若為具有本發明之化學組成的合金，則不用特別製法就能獲得一種切削性優異的低熱膨脹合金。

[實施例]

【0029】 <實施例No.1>

將熔湯澆注於鑄模，並熔煉出具有表1之No.1所示組成的鑄造品(Y型受測材與鑄錠 10kg)。對於所得之鑄造品施予下述固溶處理，該固溶處理是將鑄造品加熱至 800°C 並保持 1.5hr 保持後進行氣冷。接著，將鑄錠以 1150°C 加熱後，實施熱鍛造而獲得鍛造品(40mm 方形的棒材)。鍛造比設為3。從鍛造品採取熱膨脹係數測定試驗片、切削性評價用試驗片。

【0030】 <實施例No.2~19>

將成分定為表1所記載的條件，除此之外則以相同於實施例1之方式獲得低熱膨脹合金，並採取熱膨脹係數測定試驗片、切削性評價用試驗片。No.1~10是發明例；No.11~19則是比較例，其任一者之成分或[Mn]/[S]在本發明之範圍外。另外，關於No.2、3、4、5、7、8、10、11、13、14、及19，也還從實施鍛造前的鑄造品採取熱膨脹係數測定試驗片、切削性評價用試驗片。

【0031】 [表1]

表1

No.		化學組成 (wt%)						[Mn]/[S]
		C	Si	Mn	P	S	Ni	
1	鍛造品	0.006	0.35	2.89	0.009	0.136	36.21	21.3
2	鑄造品	0.008	0.22	2.55	0.006	0.108	37.15	23.6
	鍛造品	0.008	0.22	2.55	0.006	0.108	37.15	23.6
3	鑄造品	0.013	0.25	3.21	0.007	0.203	38.22	15.8
	鍛造品	0.013	0.25	3.21	0.007	0.203	38.22	15.8
4	鑄造品	0.005	0.48	3.81	0.006	0.287	38.74	13.3
	鍛造品	0.005	0.48	3.81	0.006	0.287	38.74	13.3
5	鑄造品	0.007	0.13	2.38	0.007	0.172	37.34	13.8
	鍛造品	0.007	0.13	2.38	0.007	0.172	37.34	13.8
6	鍛造品	0.010	0.20	2.61	0.005	0.214	36.91	12.2
7	鑄造品	0.006	0.35	3.49	0.005	0.158	37.42	22.1
	鍛造品	0.006	0.35	3.49	0.005	0.158	37.42	22.1
8	鑄造品	0.007	0.09	3.08	0.005	0.122	37.53	25.2
	鍛造品	0.007	0.09	3.08	0.005	0.122	37.53	25.2
9	鍛造品	0.011	0.05	2.11	0.006	0.137	35.31	15.4
10	鑄造品	0.010	0.42	2.76	0.007	0.241	37.80	11.5
	鍛造品	0.010	0.42	2.76	0.007	0.241	37.80	11.5
11	鑄造品	0.006	<u>0.67</u>	3.82	0.009	0.149	36.83	25.6
	鍛造品	0.006	<u>0.67</u>	3.82	0.009	0.149	36.83	25.6
12	鍛造品	0.010	0.32	<u>1.80</u>	0.007	0.255	37.44	<u>7.1</u>
13	鑄造品	0.011	0.14	<u>4.22</u>	0.007	0.281	36.02	15.0
	鍛造品	0.011	0.14	<u>4.22</u>	0.007	0.281	36.02	15.0
14	鑄造品	0.008	0.17	2.36	0.006	<u>0.076</u>	38.50	31.1
	鍛造品	0.008	0.17	2.36	0.006	<u>0.076</u>	38.50	31.1
15	鍛造品	0.003	0.23	2.56	0.010	<u>0.325</u>	37.21	<u>7.9</u>
16	鍛造品	0.002	0.35	3.68	0.007	0.162	<u>34.61</u>	22.7
17	鍛造品	0.005	0.32	3.25	0.008	0.253	<u>40.52</u>	12.8
18	鍛造品	0.008	0.45	2.46	0.006	0.291	37.48	<u>8.5</u>
19	鑄造品	0.008	0.12	<u>0.24</u>	0.008	<u>0.008</u>	35.94	30.0
	鍛造品	0.008	0.12	<u>0.24</u>	0.008	<u>0.008</u>	35.94	30.0

※底線表示本發明之範圍外。

【0032】 《熱膨脹係數》

關於熱膨脹係數，是使用熱膨脹測定裝置(Bruker Japan公司製之TD5030S)，以升溫速度 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 對 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之範圍進行測定，並求出 18°C 至 28°C 的平均熱膨脹係數。

【0033】 《切削性評價》

切削性則是以工具磨耗量及切屑破碎性來作評價。關於工具磨耗量及切屑破碎性，是使用鑽頭直徑 $\phi 2.6\text{mm}$ 的鑽頭(含鈷高速鋼，TiN覆層(coating))並使用水溶性切削油劑，以切削速度： $45\text{m}/\text{min}$ 、進給量： $0.104\text{mm}/\text{min}$ ，對切削性評價用試驗片進行加工深度 13mm 的鑽孔加工(無停頓進給加工(non-step machining))，並進行評價。

【0034】 另外，記載了「鍛造裂紋」的實施例中，由於在鍛造時產生了裂紋，因而未執行熱膨脹係數、切削性之評價。

【0035】 參照圖1來說明工具磨耗量。關於工具磨耗量，如圖1所示，是對於100孔加工後之鑽頭，從看得到鑽頭母材之處(1)起至切削刃(2)為止的距離為基準，工具磨耗量為 0.100mm 以下者判斷為切削性良好。

【0036】 參照圖2來說明切屑破碎性。關於切屑破碎性之評價，是觀察切屑，80%以上之切屑於長度 1cm 以下便被分斷者，評價為良好並定為「○」。圖2之(a)是切屑破碎性良好的例子，(b)則是破碎性差的例子。另外，表2之「×伸長」意指：大於20%之切屑長度大於 1cm 。

【0037】 結果列示於表2。就本實施例來說，在 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$ 的平均熱膨脹係數為 $5.00\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下且工具磨耗量、切屑破碎性皆良好者，判斷為解決了本發明之課題。

【0038】 [表2]

表2

No.		熱膨脹係數 (18-28℃)	切屑破碎性	工具磨耗量 (mm)	
1	鍛造品	3.77	○	0.090	發明例
2	鑄造品	3.50	○	0.087	發明例
	鍛造品	3.25	○	0.079	
3	鑄造品	3.80	○	0.051	發明例
	鍛造品	3.65	○	0.038	
4	鑄造品	4.89	○	0.032	發明例
	鍛造品	4.65	○	0.048	
5	鑄造品	3.35	○	0.061	發明例
	鍛造品	3.22	○	0.074	
6	鍛造品	3.51	○	0.065	發明例
7	鑄造品	4.71	○	0.076	發明例
	鍛造品	4.45	○	0.072	
8	鑄造品	4.43	○	0.051	發明例
	鍛造品	4.22	○	0.067	
9	鍛造品	3.58	○	0.086	發明例
10	鑄造品	4.08	○	0.045	發明例
	鍛造品	3.86	○	0.040	
11	鑄造品	<u>5.19</u>	○	0.084	比較例
	鍛造品	<u>5.04</u>	○	0.081	
12	鍛造品	鍛造裂紋	-	-	比較例
13	鑄造品	<u>5.38</u>	○	0.038	比較例
	鍛造品	<u>5.22</u>	○	0.045	
14	鑄造品	3.79	○	<u>0.131</u>	比較例
	鍛造品	3.68	○	<u>0.124</u>	
15	鍛造品	鍛造裂紋	-	-	比較例
16	鍛造品	<u>5.33</u>	○	0.073	比較例
17	鍛造品	<u>5.76</u>	○	0.055	比較例
18	鍛造品	鍛造裂紋	-	-	比較例
19	鑄造品	1.13	<u>× 伸長</u>	<u>無法穿孔</u>	比較例
	鍛造品	1.08	<u>× 伸長</u>	<u>無法穿孔</u>	

※底線表示無法獲得所欲特性。

【0039】 No.1~10是發明例，其等之熱膨脹係數小且工具磨耗量、切屑破碎性亦良好，可確認到本發明之低熱膨脹合金之鑄造品、鍛造品皆具有良好切削性。

【0040】 No.11之Si含量多，熱膨脹係數變大。

【0041】 No.12之Mn含量少，又， $[Mn]/[S]$ 低，在鍛造時產生了裂紋。

【0042】 No.13之Mn含量多，熱膨脹係數變大。

【0043】 No.14之S含量少，切削性降低，且工具磨耗量變大。

【0044】 No.15之S含量多，又， $[Mn]/[S]$ 低，在鍛造時產生了裂紋。

【0045】 No.16之Ni含量少，熱膨脹係數變大。

【0046】 No.17之Ni含量多，熱膨脹係數變大。

【0047】 No.18之 $[Mn]/[S]$ 之值低，在鍛造時產生了裂紋。

【0048】 No.19之Mn及S含量少，切屑破碎性降低，切屑的長度變長。

【符號說明】

【0049】

1：看得到鑽頭母材之處

2：切削刃

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種低熱膨脹合金，其特徵在於以質量%計含有：

C：0.050%以下、

Si：0.50%以下、

Mn：2.00~4.00%、

P：0.050%以下、

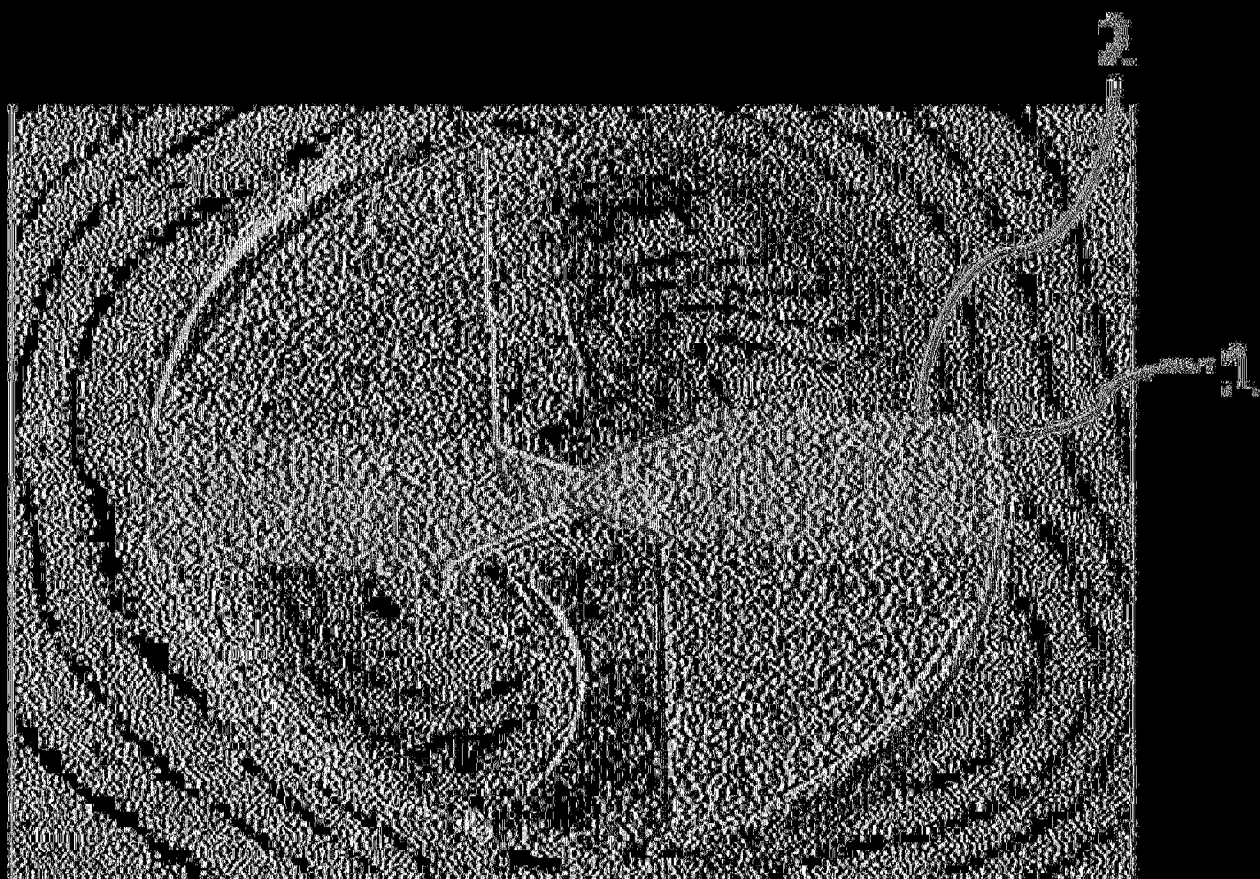
S：0.100~0.300%、

Ni：35.00~40.00%，

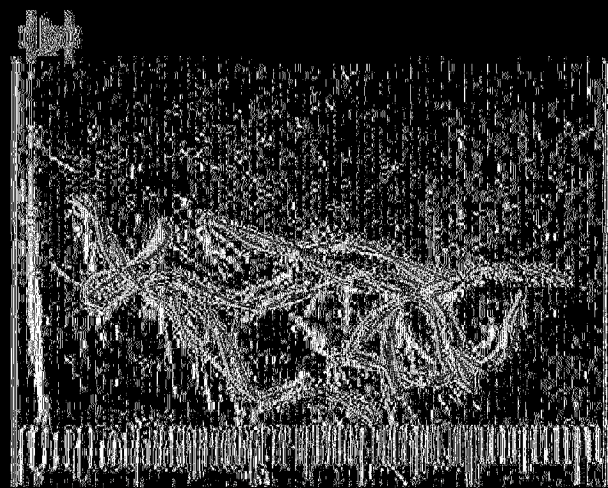
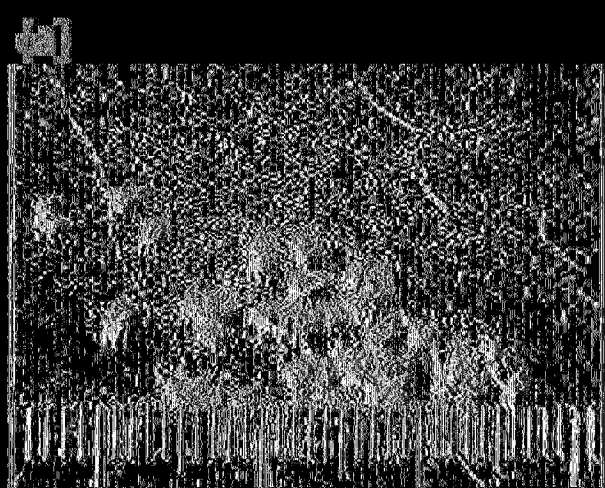
剩餘部分為Fe及不純物；

Mn、S含量以質量%來表示的[Mn]、[S]滿足 $[Mn]/[S] \geq 10.0$ ；且

其在18~28℃的平均熱膨脹係數為 $5.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下。



|(圖1)|



|(圖2)|