



(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 I863893 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：107134957

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 03 日

(51)Int. Cl. : C22C38/46 (2006.01)

C22C38/06 (2006.01)

C22C38/48 (2006.01)

C22C38/00 (2006.01)

C22C38/44 (2006.01)

(30)優先權：2017/10/05 瑞典

1751230-2

(71)申請人：瑞典商伍德赫爾恩股份有限公司 (瑞典) UDDEHOLMS AB (SE)

瑞典

(72)發明人：堤德斯登 麥格努斯 TIDESTEN, MAGNUS (SE)；傑克維斯特 佩爾森 伊娃
SJOQVIST PERSSON, EVA (SE)；布恩巴卡 麥格努斯 BRANNBACKA, MAGNUS
(SE)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

JP 2007-277639A

US 6409846B1

審查人員：楊淑珍

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：0 共 24 頁

(54)名稱

不鏽鋼

(57)摘要

本發明係關於不鏽鋼。該不鏽鋼係由以下組分組成(以重量%計)：

C 0.32 – 0.50，

Si 0.1 – 1.0，

Mn 0.1 – 0.8，

Cr 11 – 14，

Mo 1.8 – 2.6，

V 0.35 – 0.70，

N 0.05 – 0.19，

視需要選用之元素、餘量之 Fe 以及雜質。

The invention relates to a stainless steel. The stainless steel consists of in weight % (wt. %):

I863893

TW I863893 B

C	0.32 – 0.50
Si	0.1 – 1.0
Mn	0.1 – 0.8
Cr	11 – 14
Mo	1.8 – 2.6
V	0.35 – 0.70

N 0.05 - 0.19 optional elements, balance Fe and impurities.

I863893

【發明摘要】

【中文發明名稱】 不鏽鋼

【英文發明名稱】 STAINLESS STEEL

【中文】

本發明係關於不鏽鋼。該不鏽鋼係由以下組分組成(以重量%計)：

C 0.32 – 0.50 ，

Si 0.1 – 1.0 ，

Mn 0.1 – 0.8 ，

Cr 11 – 14 ，

Mo 1.8 – 2.6 ，

V 0.35 – 0.70 ，

N 0.05 – 0.19 ，

視需要選用之元素、餘量之Fe以及雜質。

【英文】

The invention relates to a stainless steel. The stainless steel consists of in weight % (wt. %):

C 0.32 – 0.50

Si 0.1 – 1.0

Mn 0.1 – 0.8

Cr 11 – 14

Mo 1.8 – 2.6

V 0.35 – 0.70

N 0.05 – 0.19

optional elements, balance Fe and impurities.

【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】 不鏽鋼

【英文發明名稱】 STAINLESS STEEL

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種不鏽鋼。特別的是，本發明係關於一種用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其要求高硬度、高韌性及優良耐腐蝕性。本發明亦關於由本發明之鋼製成之塑膠成型鑄模。

【先前技術】

【0002】 已知的是，使用不鏽鋼、特定言之如AISI 420及AISI 440之400系列不鏽鋼作為用於塑膠成型鑄模之材料。然而，此等鋼易於碳化物偏析及形成 δ 肥粒鐵(delta ferrite)。大量殘留沃斯田鐵(austenite)亦可在硬化及回火條件下存在於此等鋼中。因此，機械特性對於塑膠鑄模應用而言並不為最佳的。

【0003】 中碳含量為約0.35 重量%至0.40重量%之不鏽鋼，如類型AISI 420、DIN 1.2316及DIN 1.2085之鋼以及其改質者具有相當優良耐腐蝕性但硬度也相對低，其導致有限的耐磨性。

【0004】 類型AISI 440之不鏽鋼，諸如AISI 440C，具有約1重量%碳含量及優良耐磨性。此類型鋼可在回火之後獲得58–60 HRC範圍內之硬度。然而，此等鋼特定言之在470–500°C之溫度範圍內退火之後具有降低的耐腐蝕性。可使用在200°C下的低溫退火以便獲得58–60 HRC之硬度及足夠耐腐蝕性。然而，低溫退火之嚴重缺點為鋼將易於開裂。特定言之，開裂將在放電加工(EDM)期間或甚至在研磨之後發生。因此，當用於塑膠鑄模時，需要使鋼AISI 440C經受高溫退火以便防止開裂但耐腐蝕性則減弱。

【0005】 另外，對於以上缺點，由於殘留沃斯田鐵量過高，鋼AISI 440C在熱處理下具有低尺寸穩定性。

【發明內容】

【0006】 本發明之大致目標為提供一種不鏽鋼，其適合作為用於塑膠成型鑄模之材料。特定言之，該不鏽鋼在硬化後應為麻田散鐵(martensitic)，具有高硬度、高韌性以及優良耐腐蝕性（即使在高溫退火之後）。

【0007】 藉由提供一種具有如申請專利範圍中所定義之不鏽鋼在顯著程度上實現前述目標以及額外優點。

【0008】 該鋼具有滿足由塑膠鑄模製造者提出之對材料特性的增強型要求之性質輪廓。

【0009】 本發明係在申請專利範圍中界定。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

【0010】 以下簡要說明獨立元素之重要性及其彼此之間的相互作用以及所要求的合金之化學成份之限制。在申請專利範圍中界定有用及較佳範圍。在通篇說明書中以重量% (wt.%) 形式表示鋼之化學組成之所有百分比。相之量係以體積% (vol.%) 表示。個別元素的上限及下限可在申請專利範圍所說明的限制內自由組合。數值限制的算術精度可以增加一位數。因此，如果元素的量所給的值為0.1%，則還可以藉由將小數點右邊的有效位數增加到0.10%以更高的精度表達所述值。

碳 (0.32%–0.50%)

【0011】 碳有利於可硬化性且將以0.32%、較佳至少0.34%、0.35%、0.36%、0.37%或0.38%之最小含量存在。在高碳含量下， $M_{23}C_6$ 、 M_7C_3 及 M_2C 類型之碳化物，其中M表示Cr、Fe、Mo、V或其他碳化物形成元素，可以過高量形成於鋼中，該量導致降低的韌性及耐腐蝕性。此外，高碳含量亦可導致殘留沃斯田鐵量增加。因此，碳含量應不超過0.50%。碳之上限可設定為0.48%、0.46%、0.44%、0.43%或0.42%。

矽 (0.1%–1.0%)

【0012】 矽用於脫氧。Si亦改良鋼之機械加工性。為了得到所要效果，Si之含量應為至少0.1%。然而，Si為強肥粒鐵形成體且增加鋼中碳之活性，因此應限制為1.0%、較佳限制為0.6%、0.5%、0.4%、0.35%或0.3%。

錳 (0.1%–0.8%)

【0013】 錳有助於提高鋼之可硬化性且連同硫一起，錳可有助於藉由形成硫化錳改良機械加工性。另外，Mn提高氮在鋼中之溶解性。因此，錳應以0.1%、0.2%、較佳至少0.3%、0.35%或0.40%之最小含量存在。錳為沃斯田鐵穩定元素且應限制為0.8%、0.7%、0.6%、0.5%或0.4%以便避免過多殘餘沃斯田鐵。

鉻 (11%–14%)

【0014】 鉻為不鏽鋼中最重要的元素。當以至少11%溶解量存在時，鉻導致在鋼表面上形成鈍化膜。鉻應以11%與14%之間之量存在於鋼中以便賦予鋼優良可硬化性及耐腐蝕性。較佳地，Cr以超過11.5%之量存在以便保障優良耐點蝕性。然而，Cr為強肥粒鐵形成體且為了避免在硬化後產生肥粒鐵，需要控制其量。由於實際原因，可將上限降至13.5%、13.0%或12.5%。

鉬 (1.8%–2.6%)

【0015】 已知Mo對可硬化性具有非常有利的影響。Mo可改良耐點蝕性亦

為已知。鉬對獲得優良二次硬化回應也很重要。最小含量為1.9%、2.0%或2.1%。鉬為強碳化物形成元素，且也為強肥粒鐵形成體。因此，鉬之最大含量為2.6%。較佳地，將Mo限制為2.5%、2.4%、或甚至2.35%。

釩 (0.35%–0.70%)

【0016】 釩在鋼之基質中形成M(C,N)類型之均勻分佈的主要沉澱碳氮化物。在本發明之鋼中，M主要為釩但也可存在Cr及一些Mo。因此，釩應以0.35%–0.70%之量存在。上限可設定為0.65%、0.60%或0.55%。下限可設定為0.40%或0.45%。

氮 (0.05%–0.19%)

【0017】 將氮限制為0.05–0.19%以便獲得所要類型及量之硬質相，特定言之V(C,N)。當氮含量適當地與釩含量保持平衡時，將形成富含釩之碳氮化合物V(C,N)。此等碳氮化合物將在沃斯田鐵化步驟期間經部分溶解且接著在回火步驟期間沉澱為奈米大小之粒子。釩碳氮化物之熱穩定性被視為優於碳化釩之熱穩定性，因此可使用高硬化溫度而無礙於晶粒生長。此外，不鏽鋼之耐回火性也獲得改良。再者，藉由至少回火二次，回火曲線高的二次峰。然而，過量添加可能導致形成小孔。下限可為0.06%、0.07%或0.08%。上限可為0.15%、0.14%、0.13%、0.12%或0.11%。

視需要選用之元素

鋁 (0.001% – 0.05%)

【0018】 鋁可用於脫氧。在大多數情況下，鋁含量受限為0.03%。

鎳 ($\leq 1\%$)

【0019】 鎳賦予鋼優良可硬化性及韌性。由於費用之原因，應限制鋼之鎳含量。較佳含量為 $\leq 0.5\%$ 或 $\leq 0.35\%$ 。最佳地，不會故意地添加Ni。

銅 ($\leq 4\%$)

【0020】 Cu為視情況選用之元素，其可藉由沉澱硬化有助於提高鋼之硬度。另外，其有助於鋼之耐腐蝕性及機械加工性。若使用，則較佳範圍為0.5%–2%。然而，一旦已添加銅則不可能自鋼提取銅。此將大幅提高廢料處理之困難度。基於此原因，通常不會故意添加銅。

鈷 ($\leq 3\%$)

【0021】 Co為視情況選用之元素。其提高 M_s 溫度且有助於提高麻田散鐵之硬度。最大量為3%。然而，由於實際原因，諸如廢料處理，不會故意添加Co。較佳最大含量可設定為0.15%。

鎢 ($\leq 0.8\%$)

【0022】 鎢可以至多0.8%之含量存在而不對鋼之特性過於不利。然而，鎢在凝固期間往往會分離且可產生非所要的 δ 肥粒鐵。另外，鎢為昂貴的且其亦使廢料之處理變複雜。因此，最大量限制為0.8%，較佳0.5%，較佳不故意添加。

鈮 ($\leq 0.1\%$)

【0023】 鈮在其形成 $M(C,N)$ 類型之碳氮化物方面與於鈮類似。Nb之最大添加為0.1%。較佳地，不故意添加鈮。可容許的雜質含量可設定為0.01%、0.005%、0.003%或0.001%。

硫 ($\leq 0.2\%$)

【0024】 S有助於提高鋼之機械加工性。用於提高在硬化及回火條件下的鋼之機械加工性之適合含量為0.07%–0.15%。在高硫含量下存在紅脆性之風險。此外，高硫含量可能對鋼之疲勞特性具有負面影響。因此，鋼應含有 $\leq 0.2\%$ 。然而，為了減少夾雜物數目，較佳將限制至 $S \leq 0.004\%$ 。為了改良鋼之機械性質，硫含量可為非常低，例如 $\leq 0.002\%$ 或較佳 $\leq 0.001\%$ 。

氧

【0025】 氧為不想要之雜質元素，在鋼中形成非金屬夾雜物。可容許雜質

含量可設定為0.005%、0.003%、0.0015%或0.001%。

鈣 (視需要選用0.01%)

【0026】 可在鋼包處理期間故意將鈣添加至鋼中以便形成具有所要組成及形狀之夾雜物。

Be、Se、Mg以及REM (稀土金屬)

【0027】 此等元素可以所要求之量添加至鋼中以便進一步改良機械加工性、熱加工性及/或可焊性。

硼 ($\leq 0.01\%$)

【0028】 可使用B以便進一步提高鋼之硬度。其量限制為0.01%，較佳 $\leq 0.003\%$ 。

Ti、Zr以及Ta

【0029】 此等元素為碳化物形成體且可以所要求的範圍內之合金的形式存在，用於改變硬質相之組成。然而，通常不添加此等元素。可容許的雜質含量可設定為0.01%、0.005%、0.003%或0.001%。

PRE

【0030】 耐點蝕當量 (PRE) 通常用於定量不鏽鋼之耐點蝕性。較高值顯示較高耐點蝕性。對於氮合金之麻田散鐵不鏽鋼，可使用以下表達式：

$$\text{PRE} = \% \text{Cr} + 3.3\% \text{Mo} + 30\% \text{N}$$

其中，%Cr、%Mo及%N為在沃斯田鐵化溫度 (T_A) 下溶解於基質中之含量。溶解含量可針對實際沃斯田鐵化溫度 (T_A) 使用Thermo-Calc計算及/或在淬火後在鋼中量測。

【0031】 沃斯田鐵化溫度(T_A)在1000–1200°C範圍內，典型地在1050–1080°C範圍內。

鋼生產

【0032】 具有所要求的化學組成之不鏽鋼可藉由習知鋼製造或藉由粉末冶金（PM）生產。此類型之鋼通常藉由熔融電弧爐（EAF）中的廢料、接著使鋼經受鋼包冶金及視情況真空除氣來製成。在冶金處理結束時添加鈣，較佳如CaSi。然而，此處理為視情況選用的且其僅在對鋼之機械加工性存在特殊要求時進行。

【0033】 藉由鑄錠、適當地底部澆鑄將熔體澆鑄為錠。可使用粉末冶金（PM）製造但通常因為成本原因受限特殊應用。在另一方面，用於塑膠鑄模之鋼通常要求高清潔度。由於此原因，一或多個重熔步驟、諸如VIM、VAR或ESR，可包括於加工途徑中。在大多數情況下，ESR為較佳途徑。

【0034】 鋼可經受均質退火以及軟化退火。在經過860°C軟化退火之後之硬度約為150–240 HBW，其中勃氏硬度(Brinell hardness)HBW_{10/3000}係使用10 mm直徑碳化鎢球及3000 kgf (29400 N)負荷量測。

【0035】 鋼在被使用前經受硬化。鋼可以與用於400類型系列不鏽鋼之相似的方式經熱處理來調整硬度。

【0036】 硬化溫度範圍較佳在1050°C–1080°C範圍內，因為超過1080°C可能導致晶粒成長，而增加殘留沃斯田鐵及/或晶粒邊界碳化物之量。保持時間應該約為30分鐘，隨著進行緩慢冷卻。冷卻速率係藉由鋼經受溫度範圍800°C至500°C，($t_{800/500}$)之時間而定義。此期間之冷卻時間， $t_{800/500}$ ，通常應該在100至600秒範圍，以期獲得所要麻田散鐵微結構。回火係在使鋼冷卻至50–70°C之後進行。鋼應該回火二或三次並搭配中間冷卻至室溫且在回火溫度之保持時間通常為2小時。較佳地，使用二道回火步驟(2x2h)。回火可在不同溫度方案進行。在180–270°C低溫回火導致最佳耐腐蝕性。在525–550°C高溫度回火對硬度好，但是耐腐蝕性低於在低溫回火者。折衷一下，也可以在 470–490°C範圍之中等溫度進行鋼回火。

【0037】 本發明主要內容為提供不鏽鋼，其係由以下組分組成(以重量%計)：

C 0.32 – 0.50 ，

Si 0.1 – 1.0 ，

Mn 0.1 – 0.8 ，

Cr 11 – 14 ，

Mo 1.8 – 2.6 ，

V 0.35 – 0.70 ，

N 0.05 – 0.19 ，

視需要選用之

Al 0.001 – 0.05 ，

Ni ≤ 1 ，

Cu ≤ 4 ，

Co ≤ 3 ，

W ≤ 0.8 ，

Nb ≤ 0.1 ，

Ti ≤ 0.1 ，

Zr ≤ 0.1 ，

Ta ≤ 0.1 ，

B ≤ 0.01 ，

Be ≤ 0.2 ，

Se ≤ 0.3 ，

Ca ≤ 0.01 ，

Mg ≤ 0.01 ，

REM ≤ 0.2 ,

除了雜質外餘量為Fe。

【0038】 鋼應該較佳滿足以下條件中至少一者(以重量%計)：

C $0.36 - 0.44$,

Si $0.1 - 0.5$,

Mn $0.2 - 0.6$,

Cr $11.5 - 13$,

Mo $2.0 - 2.5$,

V $0.40 - 0.60$,

N $0.06 - 0.12$,

C+N $0.45 - 0.53$,

Al $0.001 - 0.03$,

Ni ≤ 0.5 ,

Cu $0.5 - 2$,

Co ≤ 0.5 ,

W ≤ 0.5 ,

Nb ≤ 0.008 ,

Ti ≤ 0.01 ,

Zr ≤ 0.01 ,

Ta ≤ 0.01 ,

B ≤ 0.003 ,

P ≤ 0.03 ,

S ≤ 0.002 ,

O ≤ 0.001 ,

及/或其中微結構中至少80%碳化物、氮化物、及/或碳氮化物之等效圓直徑 (ECD)係小於5 μm ，其中 $\text{ECD} = 2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。

【0039】 鋼應該較佳滿足以下條件中至少一者(以重量%計)：

C 0.38 – 0.42，

Si 0.1 – 0.3，

Mn 0.4 – 0.5，

Cr 11.6 – 12.4，

Mo 2.1 – 2.4，

V 0.45 – 0.55，

N 0.07 – 0.11，

C+N 0.46 – 0.52，

Al 0.001 – 0.03，

Ni ≤ 0.3 ，

S ≤ 0.001 ，

及/或其中微結構中至少80%碳化物、氮化物、及/或碳氮化物之等效圓直徑 (ECD)係小於2.5 μm ，其中 $\text{ECD} = 2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。

【0040】 鋼應該較佳滿足以下條件(以重量%計)：

C 0.38 – 0.42，

Si 0.1 – 0.3，

Mn 0.4 – 0.5，

Cr 11.6 – 12.4，

Mo 2.1 – 2.4，

- V 0.45 – 0.55 ，
- N 0.07 – 0.11 ，
- Al 0.001 – 0.03 ，
- Ni ≤ 0.3 。

【0041】 當鋼處於軟化退火條件中，它應該滿足以下條件中至少一者：
平均勃氏硬度為150 – 300 HBW_{10/3000} ，

及/或其中鋼具有至少100 mm之寬度及/或厚度且根據ASTM E10-01量測在寬度及/或厚度方向與平均勃氏硬度(Brinell hardness)值最大偏差係小於10% ，且其中壓痕中心距試樣邊緣或另一壓痕邊緣的最小距離應至少為壓痕直徑的2.5倍，且最大距離不應超過壓痕直徑的4倍，

及/或根據ASTM E45-97方法A，對微渣的最大要求如下：

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0

【0042】 在軟化退火條件中，鋼應該較佳滿足以下條件中至少一者：
平均勃氏硬度為160 – 240 HBW_{10/3000} ，

及/或其中鋼具有至少100 mm之寬度及/或厚度且根據ASTM E10-01量測在寬度及/或厚度方向與平均勃氏硬度(Brinell hardness)值最大偏差係小於5% ，且其中壓痕中心距試樣邊緣或另一壓痕邊緣的最小距離應至少為壓痕直徑的2.5倍，且最大距離不應超過壓痕直徑的4倍，

及/或根據ASTM E45-97方法A，對微渣的最大要求如下：

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
0.5	0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.5	1.0

【0043】 當鋼係處於硬化及回火條件，它應該較佳滿足以下條件中至少一

者：

基質包含 ≥ 90 體積%麻田散鐵，

基質包含 ≤ 4 體積%沃斯田鐵，

硬度為 55 – 62 HRC，

所有 AlN 粒子尺寸為 $\leq 4\mu\text{m}$ ，

TL 方向在 58 HRC 之無缺口衝擊韌性為 $\geq 50\text{ J}$ ，

壓縮降伏強度 $R_{c0.2}$ 比抗張降伏強度 $R_{p0.2}$ 至少高 10–30%。

【0044】 經硬化及回火之鋼較佳可滿足以下條件中至少一者：

基質包含 ≥ 95 體積%麻田散鐵，

基質包含 ≤ 2 體積%沃斯田鐵，

硬度為 56 – 60 HRC，

所有 AlN 粒子尺寸為 $\leq 3\mu\text{m}$ ，

TL 方向在 58 HRC 之無缺口衝擊韌性為 $\geq 100\text{ J}$ 。

【0045】 根據本發明，鋼可以預合金不鏽鋼粉末形式提供，其係藉霧化具有申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項定義之組成之鋼而獲得。

【0046】 預合金粉末可用於製造固體物體的不同方法，例如熱均壓(hot isostatic pressing)、粉末擠出和增材製造。藉由熱噴塗、冷噴塗或覆蓋焊接，粉末也可用於提供在基材上之表面層。

【0047】 實施例 1

根據本發明之鋼組成物係藉由習用冶金而製備。組成如表 1 所示。

表1. 檢視鋼之組成

元素	本發明鋼 實施例1	比較鋼 AISI 420 mod
C	0.40	0.38
Si	0.20	0.90
Mn	0.43	0.53
Cr	11.9	13.6
Mo	2.24	0.01
V	0.49	0.31
N	0.09	0.01

【0048】 藉由在真空爐中在1050–1080°C下沃斯田鐵化30分鐘使本發明的鋼硬化，然後在5巴下用氮氣氣淬，然後在525°C下回火兩次2小時。結果如表2所示。

表2. 本發明鋼之硬化結果

硬化溫度°C	回火溫度°C	硬度 HRC
1050	525	57
1080	525	59
1100	525	61

【0049】 比較鋼也經受硬化及回火，結果如表3所示。

表3. 比較鋼 AISI 420C mod之硬化結果

硬化溫度°C	回火溫度°C	硬度 HRC
1020	525	50
1050	525	54

【0050】 可以見到，比較鋼在525°C回火之硬度顯著低於本發明鋼之硬

度。

【0051】 發現在氣霧室測試中，本發明鋼之耐腐蝕性優於比較鋼AISI 420C mod。測試係在35°C於 0.1 M NaCl中進行2小時。

【0052】 二種鋼之耐點蝕當量(PRE)也使用下式計算：

$$PRE = \%Cr + 3.3\%Mo + 30\%N$$

其中%Cr、%Mo以及%N為在沃斯田鐵化溫度(T_A)之下溶解於基質中之含量。溶解含量係使用資料庫TCFE7以Thermo–Calc計算沃斯田鐵化溫度(T_A)，本發明鋼被設定為1080°C且比較鋼被設定為1030°C。

【0053】 發現本發明鋼之計算PRE為20.9而比較鋼僅為13.2。

【0054】 因此，本發明鋼相較於比較鋼不僅具有較高硬度及耐回火性，也具有較佳耐腐蝕性。

【0055】 實施例 2

根據本發明之鋼組成係藉由包含ESR之習用冶金製備。

表4. 檢視鋼之組成

元素	本發明鋼 實施例 2
C	0.41
Si	0.18
Mn	0.46
Cr	12.0
Mo	2.25
V	0.50
N	0.085
S	0.0006
Al	0.009
O	0.0009

【0056】 鋼經軋製為250x80 mm尺寸且經軟化退火。軟化退火條件下之硬度為182–197 HBW_{10/3000}範圍。依據ASTM E10–01量測硬度。壓痕之間間距為14 mm且發現寬度方向與平均勃氏硬度值之最大偏差為3.9%。

【0057】 微結構十分均勻，其中具有均勻分佈於麻田散鐵基質中之少量鈮碳氮化物。微結構中> 90%碳化物、氮化物及/或碳氮化物的等效圓直徑(ECD)為小於2.5 μm，其中 $ECD = 2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。未檢測到大於4 μm之AlN粒子。

【0058】 根據ASTM E45–97, Method A評估清潔度。列於表5之結果顯示鋼非常清潔，亦導致非常優良之研磨性。

表5. 根據ASTM E45–97, Method A之微渣。

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5

【0059】 藉由在1020°C及1050°C沃斯田鐵化30分鐘使鋼硬化，然後在5巴下用氮氣淬火，隨後在250°C、480°C或525°C回火二次2小時，其中使在480°C回火之鋼在淬火後及回火前冷卻。結果如表6所示。

表6.本發明鋼之硬化結果

硬化溫度°C	回火溫度°C	硬度 HRC	殘留沃斯田鐵 (體積%)
1020	250	51.8	<2
1020	525	53.3	<2
1050	250	53.7	8
1050 (+Cryo)	480	55.7	<2
1050	525	56.1	<2

【0060】 該結構由經回火麻田散鐵組成，僅有1050°C/250°C (2x2)之鋼具

有顯著量之殘留沃斯田鐵。

【0061】 對1050°C/525°C (2x2)之鋼，TL方向(亦即與縱向(軋製)方向呈橫向)無缺口衝擊韌性經發現為337 J，硬度為56.1 HRC。

產業應用

【0062】 本發明不鏽鋼非常適合用於需要高硬度及高韌性以及優良耐腐蝕性之應用，諸如用於塑膠成型鑄模之鋼。

【符號說明】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其包含(以重量%計)：

C 0.36 – 0.44 ，

Si 0.1 – 0.5 ，

Mn 0.2 – 0.6 ，

Cr 11.5 – 13 ，

Mo 2.1 – 2.5 ，

V 0.40 – 0.60 ，

N 0.06 – 0.12 ，

C+N 0.45 – 0.53 ，及

Al 0.001 – 0.03 ，

視需要選用之

Ni ≤ 1 ，

Cu ≤ 4 ，

Co ≤ 3 ，

W ≤ 0.8 ，

Nb ≤ 0.1 ，

Ti ≤ 0.1 ，

Zr ≤ 0.1 ，

Ta ≤ 0.1 ，

Be ≤ 0.2 ，

Se ≤ 0.3 ，

Ca ≤ 0.01 ，

Mg ≤ 0.01 ，
稀土金屬(REM) ≤ 0.2 ，
除了雜質外餘量為Fe ，

其中該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼滿足以下根據ASTME45-97方法A，對微渣的最大要求：

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
0.5	0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.5	1.0

其中微結構中至少80%碳化物、氮化物、及/或碳氮化物之等效圓直徑(ECD)係小於5 μm，其中 $ECD=2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。

【第2項】一種用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其包含(以重量%計)：

C 0.36 – 0.44 ，
Si 0.1 – 0.5 ，
Mn 0.2 – 0.6 ，
Cr 11.5 – 13 ，
Mo 2.1 – 2.5 ，
V 0.40 – 0.60 ，
N 0.06 – 0.12 ，
C+N 0.45 – 0.53 ，及
Al 0.001 – 0.03 ，

視需要選用之

Ni ≤ 1 ，
Cu ≤ 4 ，
Co ≤ 3 ，

W ≤ 0.8 ,

Nb ≤ 0.1 ,

Ti ≤ 0.1 ,

Zr ≤ 0.1 ,

Ta ≤ 0.1 ,

B ≤ 0.01 ,

Be ≤ 0.2 ,

Se ≤ 0.3 ,

Ca ≤ 0.01 ,

Mg ≤ 0.01 ,

稀土金屬(REM) ≤ 0.2 ,

除了雜質外餘量為Fe，其中微結構中至少80%碳化物、氮化物、及/或碳氮化物之等效圓直徑(ECD)係小於5 μm ，其中 $\text{ECD} = 2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。

【第3項】根據申請專利範圍第1或2項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其滿足以下條件中至少一者 (以重量%計)：

Ni ≤ 0.5 ,

Cu $0.5 - 2$,

Co ≤ 0.5 ,

W ≤ 0.5 ,

Nb ≤ 0.008 ,

Ti ≤ 0.01 ,

Zr ≤ 0.01 ,

Ta ≤ 0.01 ,

B ≤ 0.003 ,
P ≤ 0.03 ,
S ≤ 0.002 , 及
O ≤ 0.001 。

【第4項】根據申請專利範圍第1或2項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其滿足以下條件中至少一者(以重量%計)：

C $0.38 - 0.42$,
Si $0.1 - 0.3$,
Mn $0.4 - 0.5$
Cr $11.6 - 12.4$,
Mo $2.1 - 2.4$,
V $0.45 - 0.55$,
N $0.07 - 0.11$,
C+N $0.46 - 0.52$,
Al $0.001 - 0.03$,
Ni ≤ 0.3 ,
S ≤ 0.001 ,

及/或其中微結構中至少80%碳化物、氮化物、及/或碳氮化物之等效圓直徑(ECD)係小於 $2.5\ \mu\text{m}$ ，其中 $\text{ECD} = 2\sqrt{A\pi}$ ，其中A為研究部分中碳化物、氮化物及碳氮化物之總表面積。

【第5項】根據申請專利範圍第1或2項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其滿足以下條件(以重量%計)：

C $0.38 - 0.42$,
Si $0.1 - 0.3$,

Mn 0.4 – 0.5 ，

Cr 11.6 – 12.4 ，

Mo 2.1 – 2.4 ，

V 0.45 – 0.55 ，

N 0.07 – 0.11 ，

Al 0.001 – 0.03 ， 及

Ni ≤ 0.3 。

【第6項】根據申請專利範圍第1或2項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其中該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼係處於軟化退火條件且滿足以下條件中至少一者：

平均勃氏硬度(Brinell hardness)為150 – 300 HBW_{10/3000} ，

及/或其中該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼具有至少100 mm之寬度及/或厚度且根據ASTM E10-01量測在寬度及/或厚度方向與平均勃氏硬度值最大偏差係小於10%，且其中壓痕中心距試樣邊緣或另一壓痕邊緣的最小距離應至少為壓痕直徑的2.5倍，且最大距離不應超過壓痕直徑的4倍，

及/或根據ASTM E45-97方法A，對微渣的最大要求如下：

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0

。

【第7項】根據申請專利範圍第5項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其滿足以下條件中至少一者：

平均勃氏硬度為160 – 240 HBW_{10/3000} ，

及/或其中該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼具有至少100 mm之寬度及/或厚度且根據ASTM E10-01量測在寬度及/或厚度方向與平均勃氏硬度值最大偏差係小

於5%，且其中壓痕中心距試樣邊緣或另一壓痕邊緣的最小距離應至少為壓痕直徑的2.5倍，且最大距離不應超過壓痕直徑的4倍。

【第8項】根據申請專利範圍第1或2項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，其中該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼係處於硬化及回火條件下且滿足以下條件中至少一者：

基質包含 ≥ 90 體積%麻田散鐵，

基質包含 ≤ 4 體積%沃斯田鐵，

硬度為55 – 62 HRC，

所有AlN粒子尺寸為 $\leq 4\mu\text{m}$ ，

TL方向在58 HRC之無缺口衝擊韌性為 $\geq 50\text{ J}$ ，

壓縮降伏強度 $R_{c0.2}$ 比抗張降伏強度 $R_{p0.2}$ 至少高10–30%。

【第9項】根據申請專利範圍第8項之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼，該用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼滿足以下條件中至少一者：

基質包含 ≥ 95 體積%麻田散鐵，

基質包含 ≤ 2 體積%沃斯田鐵，

硬度為56 – 60 HRC，

所有AlN粒子尺寸為 $\leq 3\mu\text{m}$ ，

TL方向在58 HRC之無缺口衝擊韌性為 $\geq 100\text{ J}$ 。

【第10項】一種預合金不鏽鋼粉末，其係藉由霧化具有如申請專利範圍第1至9項中任一項定義之組成之用於塑膠成型鑄模之不鏽鋼而獲得。

【第11項】一種根據申請專利範圍第10項之預合金不鏽鋼粉末之用途，其係用於藉由使用熱均壓(hot isostatic pressing)、粉末擠出以及增材製造中之任何方法製造固體物體或用於藉由熱噴塗、冷噴塗或覆蓋焊接提供在基材上之表面層。