



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0027641

(51)⁷ C21D 6/00; C22C 38/00; C22C 38/02; (13) B
C22C 38/58; C22C 38/42; C22C 38/44;
C22C 38/54; C21D 9/00; C22C 38/40

(21) 1-2016-00034

(22) 12/06/2014

(86) PCT/FI2014/050476 12/06/2014

(87) WO2014/199019 18/12/2014

(30) 20135649 13/06/2013 FI

(45) 25/03/2021 396

(43) 25/03/2016 336A

(73) OUTOKUMPU OYJ (FI)

Riihitontuntie 7, FI-02200 Espoo, Finland

(72) OLIVER, James (GB); SCHEDIN, Erik (SE); PETTERSSON, Rachel (SE).

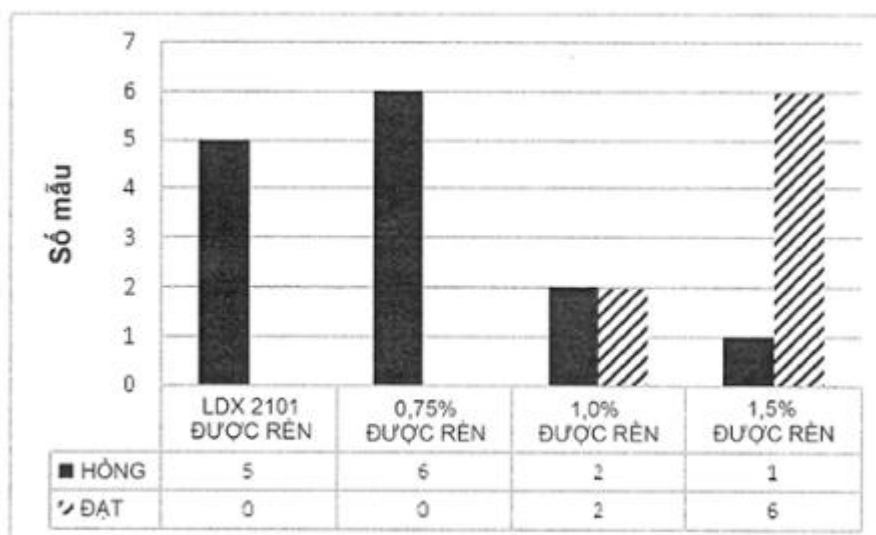
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) THÉP KHÔNG GI FERIT AUSTENIT KÉP

(57) Sáng chế đề xuất thép không gi ferit austenit kép có trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là austenit, tốt hơn nếu trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là austenit ở điều kiện được ủ, và có khả năng gia công nguội và độ bền va chạm được cải thiện. Thép không gi này chứa theo % khối lượng là nhỏ hơn 0,07 % cacbon (C), trong khoảng từ 0,1 đến 2,0 % silic (Si), trong khoảng từ 3 đến 5 % mangan (Mn), trong khoảng từ 19 đến 23 % crom (Cr), trong khoảng từ 1,1 đến 1,9 % niken (Ni), trong khoảng từ 1,1 đến 3,5 % đồng (Cu), trong khoảng từ 0,18 đến 0,30 % nitơ (N), tùy chọn là molybden (Mo) và/hoặc vonfram (W) với tổng lượng được tính toán theo công thức $(Mo + \frac{1}{2}W) \leq 1,0 \%$, tùy chọn trong khoảng từ 0,001 đến 0,005 % bo (B), tùy chọn lên tới 0,03 % của mỗi trong số xeri (Ce) và/hoặc canxi (Ca), phần còn lại là sắt (Fe) và các tạp chất có thể tránh được trong các điều kiện này cho các chất tạo thành ferit và các chất tạo thành austenit, nghĩa là cho đương lượng crom (Cr_{eq}) và đương lượng niken (Ni_{eq}): $20 < Cr_{eq} < 24,5$ và $Ni_{eq} > 10$, trong đó

$$Cr_{eq} = Cr + 1,5Si + Mo + 2Ti + 0,5Nb$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5Mn + 30(C+N) + 0,5(Cu+Co).$$



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép không gỉ ferit austenit kép có vi cấu trúc, thép này về cơ bản gồm có trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là austenit, tốt hơn nếu trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là austenit, và có các thuộc tính về độ bền va chạm và khả năng gia công nguội được cải thiện nhờ bổ sung đồng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thông thường hàm lượng đồng trong thép không gỉ được giới hạn vào xấp xỉ 3 % khối lượng để tránh crackinh nóng sơ cấp mà xảy ra trong khi hàn, đúc hoặc gia công nóng ở các nhiệt độ gần với điểm nóng chảy. Tuy nhiên, các mức thấp hơn (nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,0 % khối lượng) có tồn tại trong các loại thép không gỉ và có thể dẫn đến khả năng gia công trên máy cao hơn và cải thiện quy trình gia công nguội. Nói chung, các thép không gỉ kép có độ kháng crackinh nóng tốt.

Từ patent châu Âu số 1327008, đã biết rằng thép không gỉ ferit austenit kép được bán trên thị trường dưới nhãn hiệu LDX 2101® và chứa theo % khối lượng là 0,02 – 0,07 % cacbon (C), 0,1 – 2,0 % silic (Si), 3 – 8 % mangan (Mn), 19 – 23 % crom (Cr), 1,1 – 1,7 % niken (Ni), 0,18 – 0,30 % nitơ (N), tùy chọn là molybden (Mo) và/hoặc vonfram (W) với tổng lượng lớn nhất là 1,0 % theo công thức $(\text{Mo} + \frac{1}{2}\text{W})$, tùy chọn lớn nhất lên tới 1,0 % đồng (Cu), tùy chọn là 0,001 – 0,005 % bo (B), tùy chọn lên tới 0,03 % của mỗi trong số xeri (Ce) và/hoặc canxi (Ca), phần còn lại là sắt (Fe) và các tạp chất có thể tránh được trong các điều kiện này cho các chất tạo thành ferit và các chất tạo thành austenit, nghĩa là cho đương lượng crom (Cr_{eq}) và đương lượng niken (Ni_{eq}): $20 < \text{Cr}_{\text{eq}} < 24,5$ và $\text{Ni}_{\text{eq}} > 10$, trong đó

$$\text{Cr}_{\text{eq}} = \text{Cr} + 1,5\text{Si} + \text{Mo} + 2\text{Ti} + 0,5\text{Nb}$$

$$\text{Ni}_{\text{eq}} = \text{Ni} + 0,5\text{Mn} + 30(\text{C} + \text{N}) + 0,5(\text{Cu} + \text{Co}).$$

Đối với đồng, trong patent châu Âu số 1327008 này có nói rằng đồng là chất tạo thành austenit có giá trị và có thể có ảnh hưởng có lợi lên độ kháng ăn mòn trong một số môi trường. Nhưng, mặt khác, có rủi ro về sự kết tủa của đồng trong trường hợp các hàm lượng của đồng quá cao, vì vậy hàm lượng đồng sẽ được tăng lớn nhất là 1,0 % khối lượng, tốt hơn nếu lớn nhất là 0,7 % khối lượng.

Như được mô tả trong patent châu Âu số 1786975, thép ferit austenit không gỉ của patent châu Âu số 1327008 có khả năng gia công trên máy tốt và, theo đó, thích hợp, ví dụ, cho các hoạt động cắt.

Đơn patent châu Âu số 1715073 đề cập đến thép austenit ferit không gỉ có lượng niken thấp và nitơ cao trong thép đó tỷ lệ phần trăm của pha austenit được điều chỉnh nằm trong khoảng từ 10 đến 85 % thể tích. Tương ứng, pha ferit nằm trong khoảng từ 15 đến 90 % thể tích. Khả năng tạo thành cao của thép austenit ferit không gỉ này thu được nhờ điều chỉnh tổng các hàm lượng cacbon và nitơ (C+N) trong pha austenit thành khoảng từ 0,16 đến 2 % khối lượng. Ngoài ra, trong patent châu Âu số 1715073 đồng được đề cập đến như nguyên tố tùy chọn với khoảng nhỏ hơn 4 % khối lượng. Patent châu Âu số 1715073 thể hiện số lượng hợp phần hóa học rất lớn cho các thép không gỉ được thử nghiệm, nhưng chỉ có rất ít thép chứa nhiều hơn 1 % khối lượng là đồng. Theo đó, đồng được mô tả chỉ như một nguyên tố thay thế cho thép không gỉ của EP 1715073 để tăng độ kháng ăn mòn, nhưng EP 1715073 không mô tả các hiệu quả bất kỳ khác của đồng trong các thuộc tính của thép không gỉ nằm trong khoảng của đồng được đề cập.

Công bố WO 2010/070202 mô tả thép không gỉ ferit austenit kép chứa theo % khối lượng là 0,005-0,04 % cacbon (C), 0,2-0,7 % silic (Si), 2,5-5 % mangan (Mn), 23-27 % crom (Cr), 2,5-5 % niken (Ni), 0,5-2,5 % molybden (Mo), 0,2-0,35 % nitơ (N), 0,1-1,0 % đồng (Cu), tùy chọn là nhỏ hơn 1 % vonfram (W), nhỏ hơn 0,0030 % là một hoặc nhiều nguyên tố trong nhóm chứa bo (B) và canxi (Ca), nhỏ hơn 0,1 % xeri (Ce), nhỏ hơn 0,04 % nhôm (Al), nhỏ hơn 0,010 % lưu huỳnh (S) và phần còn lại là sắt (Fe) và các tạp chất ngẫu nhiên. Đối với đồng, trong công bố WO số WO 2010/070202 có nói rằng đồng đã được biết là ngăn sự tạo thành của pha liên kim loại với hàm lượng

lớn hơn 0,1 % khối lượng, và lớn hơn 1 % khối lượng đồng dẫn đến lượng pha liên kim loại lớn hơn.

Công bố WO 2012/004473 đề cập đến thép austenit ferit không gỉ có khả năng gia công trên máy được cải thiện. Thép chứa theo % khối lượng là 0,01 – 0,1 % cacbon (C), 0,2 – 1,5 % silic (Si), 0,5 – 2,0 mangan (Mn), 20,0 – 24,0 % crom (Cr), 1,0 – 3,0 % niken (Ni), 0,05 – 1,0 % molybden (Mo) và $\leq 0,15$ % vonfram (W) sao cho $0,05 < Mo + \frac{1}{2}W < 1,0$ %, 1,6 – 3,0 % đồng (Cu), 0,12 – 0,20 % nitơ (N), $\leq 0,05$ % nhôm (Al), $\leq 0,5$ % vanadi (V), $\leq 0,5$ % niobi, $\leq 0,5$ % titan (Ti), $\leq 0,003$ % bo (B), $\leq 0,5$ % coban (Co), $\leq 1,0$ % REM (Kim loại đất hiếm), $\leq 0,03$ % canxi (Ca), $\leq 0,1$ % magie (Mg), $\leq 0,005$ % selen (Se), phần còn lại là sắt (Fe) và các tạp chất. Đối với đồng, trong công bố này có nói rằng việc đồng có mặt với hàm lượng nằm trong khoảng từ 1,6 đến 3,0 % góp phần đạt được cấu trúc austenit ferit hai pha mong muốn, để đạt được độ kháng tốt hơn đối với ăn mòn chung mà không phải tăng tỷ lệ của nitơ quá cao trong vùng chuyển dần. Dưới 1,6 % đồng, thì tỷ lệ của nitơ cần cho cấu trúc pha mong muốn bắt đầu trở nên quá lớn để tránh được các vấn đề về chất lượng bề mặt của các thỏi đúc liên tục, và trên 3,0 % đồng, thì nó bắt đầu có nguy cơ phải chịu sự phân tầng và/hoặc kết tủa của hợp đồng và theo đó tạo ra độ kháng đối với sự ăn mòn cục bộ và giảm việc sử dụng kéo dài đàn hồi.

Công bố JP 2010222695 đề cập đến thép không gỉ ferit austenit chứa theo % khối lượng là nhỏ hơn hoặc bằng 0,06 % C, 0,1-1,5% Si, 0,1-6,0 % Mn, nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 % P, nhỏ hơn hoặc bằng 0,005 % S, 0,25-4,0 % Ni, 19,0-23,0 % Cr, 0,05-1,0 % Mo, nhỏ hơn hoặc bằng 3,0 % Cu, 0,15-0,25 % N, 0,003-0,050 % Al, 0,06–0,30 % V và nhỏ hơn hoặc bằng 0,007 % O, trong khi kiểm soát Ni-bal. được biểu diễn bởi biểu thức

$$\text{Ni-bal.} = (\text{Ni} + 0,5\text{Mn} + 0,5\text{Cu} + 30\text{C} + 30\text{N}) - 1,1(\text{Cr} + 1,5\text{Si} + \text{Mo} + \text{W}) + 8,2$$

nằm trong khoảng từ -8 đến -4 và bao gồm trong khoảng từ 40 đến 70% tỷ lệ diện tích của các pha austenit.

Công bố US 2011097234 mô tả thép kép nghèo không gỉ có khả năng ngăn việc giảm đối với độ kháng ăn mòn và độ bền của vùng được tác động bởi nhiệt hàn và nó khác biệt bởi chứa, theo % khối lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,06 %, Si: 0,1 đến 1,5 %, Mn: 2,0 đến 4,0 %, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 %, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005 %, Cr: 19,0 đến 23,0 %, Ni: 1,0 đến 4,0 %, Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 %, Cu: 0,1 đến 3,0 %, V: 0,05 đến 0,5 %, Al: 0,003 đến 0,050 %, O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,007 %, N: 0,10 đến 0,25 %, và Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 %, có phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, có trị số nhiệt độ M_{d30} được biểu diễn bởi công thức

$$M_{d30}=551-462(C+N)-9,2Si-8,1Mn-29(Ni+Cu)-13,7Cr-18,5Mo-68Nb$$

nhỏ hơn hoặc bằng 80, có Ni-bal được biểu diễn bởi công thức

$$Ni-bal=(Ni+0,5Mn+0,5Cu+30C+30N)-1,1(Cr+1,5Si+Mo+W)+8,2$$

nằm trong khoảng từ -8 đến -4, và có mối quan hệ giữa Ni-bal và hàm lượng N thỏa mãn công thức

$$N(\%) \leq 0,7 + 0,03(Ni-bal)$$

và còn có tỷ lệ phần trăm của diện tích pha austenit nằm trong khoảng từ 40 đến 70%, và có $2Ni+Cu$ lớn hơn hoặc bằng 3,5.

Trong cả hai công bố, công bố JP 2010222695 và công bố US 2011097234, vanadi là nguyên tố bổ sung quan trọng, bởi vì theo các công bố đó thì vanadi giảm độ hoạt động của nitơ và theo đó làm trễ sự kết tủa của các nitrua. Sự kết tủa của các nitrua có tính quyết định, bởi vì nitơ được bổ sung để cải thiện độ kháng ăn mòn của HAZ (heat affected zone - vùng được tác động bởi nhiệt) trong khi hàn, và với nitơ cao thì nguy cơ về việc suy giảm thuộc tính bởi chất lắng nitrua đối với các biên hạt sẽ nảy sinh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục tiêu của sáng chế là loại bỏ một số nhược điểm của tình trạng kỹ thuật và cải thiện thép không gỉ ferit austenit kép theo patent châu Âu số 1327008 về khả năng

gia công nguội và về độ bền va chạm với việc tăng hàm lượng đồng. Các dấu hiệu cơ bản của sáng chế được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các kết quả thử nghiệm của thép ferit austenit không gỉ theo sáng chế được minh họa chi tiết hơn trên các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện các kết quả thử nghiệm cơ học đối với các thép trong điều kiện như được rèn,

Fig.2 là hình vẽ thể hiện các kết quả thử nghiệm cơ học đối với các thép sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C,

Fig.3 là hình vẽ thể hiện các kết quả thử nghiệm va chạm đối với các thép trong cả điều kiện như được rèn và sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo sáng chế, thấy được rằng khi tăng hàm lượng đồng trong thép không gỉ ferit austenit kép như được mô tả trong patent châu Âu số 1327008 và được bán trên thị trường dưới nhãn hiệu LDX 2101®, sao cho thép ferit austenit không gỉ chứa trong khoảng từ 1,1 đến 3,5 % khối lượng là đồng, thì các thuộc tính về khả năng gia công nguội được cải thiện. Việc bổ sung đồng cũng có các ảnh hưởng đến khả năng gia công trên máy. Thép không gỉ ferit austenit kép theo sáng chế, có trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là austenit, tốt hơn nếu trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 45 đến 55 % thể tích là austenit ở điều kiện được ủ, chứa theo % khối lượng là nhỏ hơn 0,07 % cacbon (C), trong khoảng từ 0,1 đến 2,0 % silic (Si), trong khoảng từ 3 đến 5 % mangan (Mn), trong khoảng từ 19 đến 23 % crom (Cr), trong khoảng từ 1,1 đến 1,9 % niken (Ni), trong khoảng từ 1,1 đến 3,5 % đồng (Cu), trong khoảng từ 0,18 đến 0,30 % nitơ (N), tùy chọn là molybden (Mo) và/hoặc vonfram (W) với tổng lượng được tính toán theo công thức $(Mo + \frac{1}{2}W) \leq 1,0 \%$, tùy chọn trong khoảng từ 0,001 đến 0,005 % bo (B), tùy chọn lên tới 0,03 % của mỗi trong số xeri (Ce) và/hoặc canxi (Ca), phần còn lại là

sắt (Fe) và các tạp chất có thể tránh được trong các điều kiện này cho các chất tạo thành ferit và các chất tạo thành austenit, nghĩa là cho đương lượng crom (Cr_{eq}) và đương lượng niken (Ni_{eq}): $20 < Cr_{eq} < 24,5$ và $Ni_{eq} > 10$, trong đó

$$Cr_{eq} = Cr + 1,5Si + Mo + 2Ti + 0,5Nb$$

$$Ni_{eq} = Ni + 0,5Mn + 30(C+N) + 0,5(Cu+Co).$$

Thép không gỉ ferit austenit kép theo sáng chế tốt hơn nếu chứa trong khoảng từ 1,1 đến 2,5 % khối lượng là đồng, tốt hơn nữa nếu trong khoảng từ 1,1 đến 1,5 % khối lượng là đồng. CPT (critical pitting temperature - nhiệt độ rỉ mòn tới hạn) của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 13 đến 19 °C, tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ 13,4 đến 18,9 °C, tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 14,5 đến 17,7 °C.

Các ảnh hưởng của các nguyên tố khác nhau trong vi cấu trúc được mô tả trong phần sau đây, các hàm lượng nguyên tố được mô tả theo % khối lượng:

Cacbon (C) góp phần vào sức bền của thép và nó cũng là chất tạo thành austenit có giá trị. Tuy nhiên, tốn thời gian để đưa hàm lượng cacbon xuống các mức thấp liên quan đến việc tách cacbon của thép, và nó cũng tốn kém bởi vì nó tăng việc tiêu thụ các chất khử. Nếu hàm lượng cacbon cao, thì sẽ có rủi ro đối với sự kết tủa của carbua, điều này có thể giảm độ bền va chạm của thép và độ kháng ăn mòn liên tinh thể. Cũng cần xem xét là cacbon có độ hòa tan rất nhỏ trong ferit, điều này có nghĩa là hàm lượng cacbon của thép về cơ bản được tập hợp trong pha austenit. Theo đó, hàm lượng cacbon sẽ được giới hạn lớn nhất là 0,07 %, tốt hơn nếu lớn nhất là 0,05 %, và thích hợp nếu lớn nhất là 0,04 %.

Silic (Si) có thể được sử dụng nhằm các mục đích khử oxy khi sản xuất thép và tồn tại như phần dư từ quá trình sản xuất thép với lượng ít nhất là 0,1 %. Silic có các dấu hiệu có lợi trong thép với ảnh hưởng là nó tăng cường sức bền ở nhiệt độ cao của ferit, điều này có tầm quan trọng đáng kể trong quá trình sản xuất. Silic còn là chất tạo thành ferit mạnh và theo đó tham gia vào quá trình ổn định của cấu trúc kép và, từ các nguyên nhân này, sẽ tồn tại với lượng ít nhất là 0,2 %, tốt hơn nếu với lượng ít nhất là

0,35 %. Silic, còn có một số dấu hiệu bất lợi bởi vì nó giảm rõ rệt độ hòa tan của nito, nó sẽ tồn tại với các lượng cao, và nếu hàm lượng của silic cũng cao thì rủi ro về sự kết tủa của các pha liên kim loại không mong muốn tăng lên. Theo đó, hàm lượng silic được giới hạn lớn nhất là 2,0 %, tốt hơn nếu lớn nhất là 1,5 %, và thích hợp nếu lớn nhất là 1,0 %. Hàm lượng silic tối ưu nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,80 %.

Mangan (Mn) là chất tạo thành austenit quan trọng và tăng độ hòa tan cho nito trong thép và theo đó sẽ tồn tại với lượng ít nhất là 3 %, tốt hơn nếu ít nhất là 3,8 %. Mặt khác, mangan giảm độ kháng ăn mòn của thép. Hơn nữa, khó để tách cacbon đối với phần nóng chảy thép không gỉ có các hàm lượng mangan cao, điều này có nghĩa là mangan cần được bổ sung sau khi sự tách cacbon hoàn thành dưới dạng tương đối tinh khiết và sau đó là mangan đất tiền. Theo đó thép không nên chứa nhiều hơn 5 % mangan. Hàm lượng tối ưu nằm trong khoảng từ 3,8 đến 4,5 % mangan.

Crom (Cr) là nguyên tố quan trọng nhất để đạt được độ kháng ăn mòn mong muốn của thép. Crom cũng là chất tạo thành ferit quan trọng nhất của thép và đưa ra, theo kết hợp với các chất tạo thành ferit khác và với hàm lượng cân bằng của các chất tạo thành austenit của thép, đặc tính kép mong muốn của thép. Nếu hàm lượng crom thấp, thì có rủi ro là thép sẽ chứa mactensit và nếu hàm lượng crom cao, thì có rủi ro về độ ổn định suy yếu đối với sự kết tủa của các pha liên kim loại và gọi là sự hóa giòn 475 (475-embrittlement), và hợp phần pha không cân bằng của thép. Từ các nguyên nhân này, hàm lượng crom ít nhất là 19 %, tốt hơn nếu ít nhất là 20 %, và thích hợp nếu ít nhất là 20,5 %, và lớn nhất là 23 %, thích hợp nếu lớn nhất là 22,5 %. Hàm lượng crom thích hợp nằm trong khoảng từ 21,0 đến 22,0 %, trên danh nghĩa là nằm trong khoảng từ 21,2 đến 21,8 %.

Niken (Ni) là chất tạo thành austenit mạnh và có hiệu quả có lợi về độ dẻo của thép và theo đó sẽ tồn tại với lượng ít nhất là 1,1%. Tuy nhiên, giá vật liệu thô của niken thường cao và thay đổi thất thường, vì vậy niken, theo một khía cạnh của sáng chế, được thay thế bởi các nguyên tố hợp kim khác đến mức có thể. Không nhiều hơn 1,9 % niken cần thiết cho sự ổn định của cấu trúc kép mong muốn của thép kết hợp với

các nguyên tố hợp kim khác. Theo đó, hàm lượng niken tối ưu nằm trong khoảng từ 1,35 đến 1,90 % Ni.

Molybden (Mo) là nguyên tố mà có thể được bỏ qua theo khía cạnh rộng về hợp phần của thép, nghĩa là molybden là nguyên tố tùy chọn trong thép theo sáng chế. Tuy nhiên, molybden cùng với nitơ có tác dụng hiệp trợ có lợi về độ kháng ăn mòn. Từ quan điểm về hàm lượng nitơ của thép, theo đó thép sẽ chứa ít nhất là 0,1 % molybden, tốt hơn nếu ít nhất là 0,15 %. Tuy nhiên, molybden là chất tạo thành ferit mạnh, và nó có thể làm ổn định pha sigma trong vi cấu trúc của thép, và nó còn có xu hướng phân tầng. Ngoài ra, molybden là nguyên tố hợp kim đắt tiền. Từ những nguyên nhân này, hàm lượng molybden được giới hạn lớn nhất là 1,0 %, tốt hơn nếu lớn nhất là 0,8 %, thích hợp nếu lớn nhất là 0,65 %. Hàm lượng molybden tối ưu nằm trong khoảng từ 0,15 đến 0,54 %. Molybden có thể được thay thế một phần bởi lượng vonfram (W) gấp đôi, nó có các thuộc tính tương tự với các thuộc tính của molybden. Tổng lượng molybden và vonfram được tính toán theo công thức $(\text{Mo} + \frac{1}{2}\text{W}) \leq 1,0 \%$. Tuy nhiên, theo hợp phần ưu tiên của thép, thép không chứa nhiều hơn mức lớn nhất là 0,5 % vonfram.

Đồng (Cu) là chất tạo thành austenit có giá trị và có thể có ảnh hưởng có lợi đến độ kháng ăn mòn trong một số môi trường, đặc biệt là trong một số môi trường axit. Đồng còn cải thiện sự gia công nguội và độ bền va chạm của thép không gỉ theo sáng chế. Theo đó, đồng sẽ tồn tại với lượng ít nhất là 1,1 %. Tốt hơn nếu thép theo sáng chế chứa trong khoảng từ 1,1 đến 3,5 % đồng, tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 1,0 đến 2,5 % đồng, và tốt nhất nếu nằm trong khoảng từ 1,1 đến 1,5 % đồng.

Nitơ (N) có tầm quan trọng cốt yếu bởi vì nó là chất tạo thành austenit chiếm ưu thế của thép. Nitơ còn góp phần vào sức bền và độ kháng ăn mòn của thép và theo đó sẽ tồn tại với lượng nhỏ nhất là 0,15 %, tốt hơn nếu ít nhất là 0,18 %. Tuy nhiên, độ hòa tan của nitơ trong thép bị giới hạn. Trong trường hợp hàm lượng nitơ quá cao, sẽ có rủi ro về việc tạo thành các vết nứt khi thép hóa cứng, và rủi ro về việc tạo thành các khe hở liên quan đến việc hàn của thép. Theo đó, thép sẽ không chứa nhiều hơn

0,30 % nitơ, tốt hơn nếu lớn nhất là 0,26 % nitơ. Hàm lượng tối ưu nằm trong khoảng từ 0,20 đến 0,24 %.

Bo (B) có thể tùy chọn tồn tại trong thép làm phần bổ sung tạo hợp kim rất nhỏ lớn nhất lên tới 0,005 % (50 phần triệu (ppm)) để cải thiện độ dẻo nóng của thép. Nếu bo tồn tại làm nguyên tố được bổ sung có chủ ý, thì nó sẽ tồn tại với lượng ít nhất là 0,001 % để tạo ra hiệu quả mong muốn đối với độ dẻo nóng được cải thiện của thép.

Theo cách tương tự, xeri và/hoặc canxi có thể tùy chọn tồn tại trong thép với các lượng lớn nhất là 0,03 % đối với mỗi nguyên tố để cải thiện độ dẻo nóng của thép.

Ngoài các nguyên tố nêu trên, về cơ bản thép không chứa các nguyên tố được bổ sung có chủ ý bất kỳ khác, mà chỉ chứa các tạp chất và sắt. Photpho, như trong hầu hết các thép, là tạp chất không mong muốn và tốt hơn nếu không tồn tại với lượng cao hơn mức lớn nhất là 0,035 %. Lưu huỳnh cũng nên được giữ thấp nhất có thể từ quan điểm sản xuất kinh tế, tốt hơn nếu với lượng lớn nhất là 0,10 %, thích hợp nếu nhỏ hơn, ví dụ, mức lớn nhất là 0,002 % để không làm suy yếu độ dẻo nóng của thép và theo đó là khả năng cán của nó, đây có thể là vấn đề chung liên quan đến các thép kép.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ảnh hưởng của đồng đến các thuộc tính về khả năng gia công nguội được thử nghiệm bằng cách sử dụng đối với mỗi hợp kim là các phần nóng chảy 30 kg nhận được từ lò chân không. Trước khi thử nghiệm cơ học, các hợp kim được rèn tới độ dày cuối cùng là 50 mm. Đối với tất cả phần nóng chảy, thép không gỉ ferit austenit kép được bán trên thị trường dưới nhãn hiệu LDX 2101® được sử dụng làm vật liệu nền với các phần bổ sung đồng thay đổi. Các hợp phần hóa học của các hợp kim cần được thử nghiệm được mô tả trong bảng 1, nó còn chứa hợp phần hóa học cho phần nóng chảy tương ứng của thép được bán trên thị trường dưới nhãn hiệu LDX 2101®:

Hợp kim	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	N
LDX 2101®	0,021	0,76	4,83	21,34	1,58	0,40	0,240
0,75 % Cu	0,014	0,59	4,09	21,56	1,62	0,74	0,186
0,85 % Cu*	0,028	0,83	3,81	21,08	1,50	0,86	0,25
1,0 % Cu	0,015	0,60	4,14	21,22	1,93	1,01	0,200
1,1 % Cu*	0,013	0,88	4,42	21,18	1,36	1,12	0,22
1,5 % Cu	0,015	0,55	4,15	21,33	1,6	1,50	0,188
2,5 % Cu*	0,028	0,79	4,04	21,17	1,36	2,55	0,19
3,5 % Cu*	0,012	0,80	3,82	20,87	1,38	3,57	0,21

Bảng 1: Các hợp phần hóa học; * phần nóng chảy cỡ nhỏ 200 g

Các nghiên cứu vi cấu trúc được thực hiện trước tiên để kiểm tra hàm lượng ferit. Điều này là vì đồng là chất ổn định austenit và có dự tính là hàm lượng austenit tăng lên với việc bổ sung đồng. Khi duy trì hàm lượng ferit ít nhất là 45 % thể tích, hàm lượng mangan, làm chất ổn định austenit, được giảm thành xấp xỉ trong khoảng từ 3 đến 5 %. Cũng cần xem xét là đồng có cần thiết được hòa tan hoàn toàn trong pha ferit do các hạt đồng hoặc các pha giàu đồng có thể gây bất lợi cho độ kháng ăn mòn rỗ.

Các vi cấu trúc của các mẫu được hiện ra nhờ khắc ăn mòn trong dung dịch Behara II sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 và/hoặc 1150 °C. Quá trình ủ được thực hiện bởi ủ dung dịch. Vi cấu trúc của hợp kim 0,85 % Cu về cơ bản giống với hợp kim tham chiếu. Ở các mức đồng 1,1 % Cu và lớn hơn, hàm lượng pha ferit trở nên thấp đi liên tục. Pha austenit thứ cấp tạo thành một cách dễ dàng với các phần bổ sung của 2,5 % Cu và các hạt đồng có mặt trong pha ferit khi được ủ ở nhiệt độ 1050 °C, nhưng có thể được hòa tan khi được ủ ở nhiệt độ 1150 °C khi hàm lượng ferit tăng lên. Hợp kim với 3,5 % Cu có các hạt đồng trong pha ferit kể cả khi được ủ trong nhiệt độ 1150 °C.

Các hàm lượng ferit cho các mẫu được ủ ở các nhiệt độ ủ (T) 1050 °C và 1150 °C được đo bằng cách sử dụng phân tích ảnh, và các kết quả được thể hiện trong bảng 2:

Hợp kim	Như được rèn (%)	T 1050 °C (%)	T 1150 °C (%)
LDX 2101®	62,5	54,1	
0,75 % Cu	66,2	60,2	
0,85 % Cu		53,1	
1,0 % Cu	61,5	55,4	
1,1 % Cu		44,2	50,0
1,5 % Cu	62,4	52,7	
2,5 % Cu		39,0	35,5
3,5 % Cu		39,3	42,0

Bảng 2: Các hàm lượng ferit

Từ các kết quả trong bảng 2, cần chú ý là hàm lượng đồng lên tới 1,5 % thì hàm lượng ferit tốt, nhưng ở các mức lớn hơn mức này thì hàm lượng ferit quá thấp kể cả khi được ủ ở nhiệt độ cao hơn. Thông thường, tăng nhiệt độ ủ thì hàm lượng ferit tăng lên trong khoảng từ 5 đến 7 % thể tích do đây là trường hợp cho các hợp kim 1,1 % Cu và 3,5 % Cu. Hàm lượng ferit cho 2,5 % Cu giống nhau ở cả hai nhiệt độ ủ. Điều này có khả năng là do đồng đang được hòa tan hoàn toàn vào trong pha ferit ở nhiệt độ cao hơn (1150 °C) dẫn đến việc tạo thành pha austenit thứ cấp chống lại việc tăng lên trong pha ferit.

Đối với các hợp kim 0,75 % Cu, 1,0 % Cu và 1,5 % Cu vi cấu trúc được xác định trong điều kiện như được rèn, trong trường hợp đó hàm lượng ferit nằm trong khoảng từ 61 đến 66 % đối với tất cả các hợp kim đó. Sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C có giảm về hàm lượng ferit xấp xỉ trong khoảng từ 6 đến 8 % đối với tất cả các hợp kim. Từ phân tích ảnh, quan sát được là việc giảm trong hàm lượng ferit chủ yếu là do sự có mặt của pha austenit thứ cấp mà trở nên rõ ràng hơn khi hàm lượng đồng tăng lên. Trong hợp kim 1,5 % Cu rất nhiều pha austenit tồn tại giữa các hạt ferit.

Các CPT (critical pitting temperature - nhiệt độ rỉ mòn tới hạn) được xác định cho các hợp kim được ủ ở nhiệt độ 1050 °C theo thử nghiệm G150 ASTM với NaCl 1,0 M. Đối với mỗi hợp kim, thử nghiệm được tiến hành hai lần (CPT1 và CPT2). Các kết quả của các thử nghiệm này được thể hiện trong bảng 3:

	CPT1 °C	CPT2 °C	CPT trung bình °C
LDX 2101®	11,4	9,7	10,6
1,1 % Cu	15,7	13,4	14,5
3,5 % Cu	16,6	18,9	17,7

Bảng 3: Các CPT (Critical pitting temperature - nhiệt độ rỉ mòn tới hạn)

Các kết quả trong bảng 3 thể hiện là, trong môi trường này, ảnh hưởng tích cực của đồng lên CPT được đưa ra. CPT thực sự cao nhất đối với hợp kim 3,5 % bất chấp sự có mặt của các hạt đồng trong vi cấu trúc. Ngạc nhiên là, điều này có phần trái với giả thuyết là các hạt đồng gây bất lợi cho độ kháng rỉ mòn.

Thử nghiệm cho chồn nguội như một phần cho khả năng gia công nguội được thực hiện trên các mẫu trong các điều kiện như được rèn và được ủ (1050 °C) để xác định là thép không gỉ ferit austenit kép theo sáng chế có các thuộc tính tốt hơn khi được so sánh với vật liệu tham chiếu LDX 2101®. Các vật liệu được gia công trên máy thành các mẫu hình trụ với các kích thước là 12 mm x 8 mm để ép các mẫu ở các tốc độ cao trong khoảng từ 200 đến 400 mm/giây. Các mẫu được đánh giá nhờ ghi chép crackinh (các bộ phận hỏng) hoặc không có vết nứt (các bộ phận đạt (qua kiểm tra)).

Trong phương pháp thử nghiệm này crackinh chỉ xảy ra khi mẫu được ép bởi quá trình ép lớn nhất thành độ dày cuối cùng thực tế xấp xỉ 3 millimét không quan tâm đến tốc độ ép. Cracking xấu hơn không đáng kể với quá trình ép ở các tốc độ cao hơn.

Các kết quả thử nghiệm chồn nguội được thể hiện trong bảng 4, trong đó các mẫu ở trong điều kiện như được rèn trừ khi được ủ ở nhiệt độ 1050 °C cột “Được ủ” được thể hiện với thuật ngữ “Có”:

	Được ủ (T=1050 °C)	Độ dày cuối cùng thực tế (mm)	Tốc độ (mm/giây)	Kết quả
LDX 2101®	Không	2,7	200	Vết nứt nhỏ
LDX 2101®	Có	2,5	200	Không có vết nứt
LDX 2101®	Không	2,5	200	Vết nứt lớn
LDX 2101®	Có	2,5	200	Các vết nứt nhỏ
LDX 2101®	Không	2,5	300	Vết nứt
LDX 2101®	Có	2,5	300	Các vết nứt
LDX 2101®	Có	2,4	300	Các vết nứt nhỏ
LDX 2101®	Không	2,4	400	Vết nứt
LDX 2101®	Có	2,5	400	Không có vết nứt
LDX 2101®	Không	2,4	400	Vết nứt
LDX 2101®	Có	2,5	400	Các vết nứt lớn
0,75 % Cu	Không	2,4	200	Vết nứt
0,75 % Cu	Có	2,3	200	Vết nứt
0,75 % Cu	Không	2,5	200	Vết nứt
0,75 % Cu	Có	2,4	200	Không có vết nứt
0,75 % Cu	Không	2,5	300	Vết nứt nhỏ
0,75 % Cu	Có	2,4	300	Vết nứt
0,75 % Cu	Không	2,4	300	Vết nứt lớn
0,75 % Cu	Có	2,4	300	Các vết nứt lớn
0,75 % Cu	Không	2,6	400	Vết nứt
0,75 % Cu	Có	2,3	400	Các vết nứt lớn
0,75 % Cu	Không	2,6	400	Vết nứt
0,75 % Cu	Có	2,3	400	Các vết nứt lớn
1,0 % Cu	Không	2,7	200	Không có vết nứt
1,0 % Cu	Có	2,7	200	Các vết nứt
1,0 % Cu	Không	2,6	300	Các vết nứt nhỏ

1,0 % Cu	Có	2,4	200	Các vết nứt
1,0 % Cu	Không	2,7	300	Các vết nứt nhỏ
1,0 % Cu	Có	2,6	300	Không có vết nứt
1,0 % Cu	Có	2,5	300	Các vết nứt nhỏ
1,0 % Cu	Không	2,5	400	Không có vết nứt
1,0 % Cu	Có	2,6	400	Không có vết nứt
1,0 % Cu	Có	2,4	400	Các vết nứt nhỏ
1,5 % Cu	Không	2,4	200	Không có vết nứt
1,5 % Cu	Không	3,1	200	Không có vết nứt
1,5 % Cu	Không	2,5	200	Không có vết nứt
1,5 % Cu	có	3,1	200	Không có vết nứt
1,5 % Cu	có	2,5	200	Không có vết nứt
1,5 % Cu	có	2,5	200	Các vết nứt nhỏ
1,5 % Cu	Không	2,5	300	Không có vết nứt
1,5 % Cu	Không	2,5	300	Không có vết nứt
1,5 % Cu	có	2,4	300	Không có vết nứt
1,5 % Cu	có	2,5	300	Vết nứt nhỏ
1,5 % Cu	có	2,5	300	Không có vết nứt
1,5 % Cu	Không	2,4	400	Không có vết nứt
1,5 % Cu	Không	2,4	400	Các vết nứt
1,5 % Cu	Có	2,5	400	Vết nứt
1,5 % Cu	Có	2,4	400	Vết nứt nhỏ
1,5 % Cu	Có	2,5	400	Không có vết nứt

Bảng 4: Các kết quả thử nghiệm cơ học

Các kết quả trong bảng 4 thể hiện là, trong các thử nghiệm trên vật liệu được rèn, tất cả các mẫu cho LDX 2101® và 0,75 % Cu đều hỏng vì crackinh, trong khi tỷ lệ thành công tăng lên khi hàm lượng đồng tăng. Tất cả trừ một trong số các mẫu 1,5 % Cu vượt qua thử nghiệm trong điều kiện như được rèn. Sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C, các hợp kim với lên tới 1,0 % Cu thể hiện các kết quả tương tự với xấp xỉ một phần ba

trong số các mẫu vượt qua thử nghiệm. Đối với hợp kim 1,5 % Cu có nhiều hơn một nửa trong số các bộ phận được thử nghiệm vượt qua thử nghiệm thể hiện ảnh hưởng tích cực của đồng.

Các kết quả thử nghiệm chèn nguội cũng được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2 sử dụng các thông số “hỏng” hoặc “đạt” phụ thuộc vào lượng vết nứt trên bề mặt thép. Fig.1 và Fig.2 thể hiện là phần của các kết quả thử nghiệm “đạt” tăng lên với sự bổ sung đồng trong cả điều kiện như được rèn và sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C.

Các thép không gỉ ferit austenit theo sáng chế còn được thử nghiệm nhờ đo sức bền va chạm của các thép để có thông tin về độ bền va chạm của các thép. Các phép đo được thực hiện trong cả điều kiện như được rèn và sau khi ủ ở nhiệt độ 1050 °C. Trong bảng 5, các mẫu trong điều kiện như được rèn trừ khi được ủ ở nhiệt độ 1050 °C cột “Được ủ” được thể hiện với thuật ngữ “Có”. Cả bảng 5 và Fig.3 đều thể hiện các kết quả của các phép đo cho sức bền va chạm.

	Được ủ (T=1050 °C)	Sức bền va chạm J
LDX 2101®	Không	14,5
LDX 2101®	Có	20,5
0,75 % Cu	Không	10,5
0,75 % Cu	Có	14,5
1,0 % Cu	Không	17,0
1,0 % Cu	Có	27,5
1,5 % Cu	Không	28,5
1,5 % Cu	Có	36,0

Bảng 5: Các kết quả thử nghiệm va chạm

Các kết quả trong bảng 5 và trên Fig.3 thể hiện là việc bổ sung đồng làm tăng đáng kể độ bền va chạm khi hàm lượng đồng lớn hơn 0,75 %. Như được đề cập trên

đây, việc tăng đồng làm tăng austenit thứ cấp mà có thể giảm/cản trở sự lan truyền vết nứt qua ferit.

Thép ferit austenit kép được sản xuất theo sáng chế có thể được sản xuất như các vật đúc, thỏi, phiến, thỏi đúc, phôi và các sản phẩm dạng phẳng như các tấm, lá, băng, cuộn, và các sản phẩm dạng dài như các thanh, que, dây, biên dạng và hình dạng, ống dẫn và/hoặc ống liền và được hàn. Ngoài ra, có thể sản xuất các sản phẩm bổ sung như bột kim loại, các biên dạng và hình dạng được tạo thành.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép không gỉ ferit austenit kép có trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là ferit và trong khoảng từ 40 đến 60 % thể tích là austenit, ở điều kiện được ủ, và có khả năng gia công nguội và độ bền va chạm được cải thiện, khác biệt ở chỗ thép, có sức bền va chạm ít nhất là 27,5 J, gồm có theo % khối lượng là nhỏ hơn 0,04 % cacbon (C), trong khoảng từ 0,1 đến 2,0 % silic (Si), trong khoảng từ 3,8 đến 5 % mangan (Mn), trong khoảng từ 21 đến 22 % crom (Cr), trong khoảng từ 1,35 đến 1,9 % niken (Ni), trong khoảng từ 1,1 đến 1,5 % đồng (Cu), trong khoảng từ 0,18 đến 0,26 % nitơ (N), tùy chọn là molybden (Mo) và/hoặc vonfram (W) với tổng lượng được tính toán theo công thức $(Mo + \frac{1}{2}W) \leq 1,0 \%$, tùy chọn trong khoảng từ 0,001 đến 0,005 % bo (B), tùy chọn lên tới 0,03 % của mỗi trong số xeri (Ce) và/hoặc canxi (Ca), phần còn lại là sắt (Fe) và các tạp chất không thể tránh được như Ti, Nb, Co và cho các chất tạo thành ferit và các chất tạo thành austenit, nghĩa là cho đương lượng crom (Cr_{eq}) và đương lượng niken (Ni_{eq}): $21 < Cr_{eq} < 24,5$ và $Ni_{eq} > 10$, trong đó $Cr_{eq} = Cr + 1,5Si + Mo + 2Ti + 0,5Nb$, $Ni_{eq} = Ni + 0,5Mn + 30(C+N) + 0,5(Cu+Co)$ và các hợp kim được ủ theo thử nghiệm G150 ASTM với 1,0 M NaCl và nhiệt độ rỗ mòn tới hạn (critical pitting temperature, CPT) nằm trong khoảng từ 13 đến 19 °C.
2. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, các hợp kim được ủ theo thử nghiệm G150 ASTM với 1,0 M NaCl và nhiệt độ rỗ mòn tới hạn (critical pitting temperature, CPT) nằm trong khoảng từ 13,4 đến 18,9 °C.
3. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, các hợp kim được ủ theo thử nghiệm G150 ASTM với 1,0 M NaCl và nhiệt độ rỗ mòn tới hạn (critical pitting temperature, CPT) nằm trong khoảng từ 14,5 đến 17,7 °C.
4. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, thép chứa trong khoảng từ 21,2 đến 21,8 % khối lượng là crom.

5. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, thép chứa trong khoảng từ 3,8 đến 4,5 % khối lượng là mangan.
6. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, thép chứa trong khoảng từ 0,20 đến 0,24 % khối lượng là nitơ.
7. Thép không gỉ ferit austenit kép theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thép được sản xuất dưới dạng các thỏi, phiến, thỏi đúc, phôi, tấm, lá, băng, cuộn, thanh, que, dây, biên dạng và hình dạng, ống dẫn và/hoặc ống liền và được hàn, bột kim loại, các biên dạng và hình dạng được tạo thành.

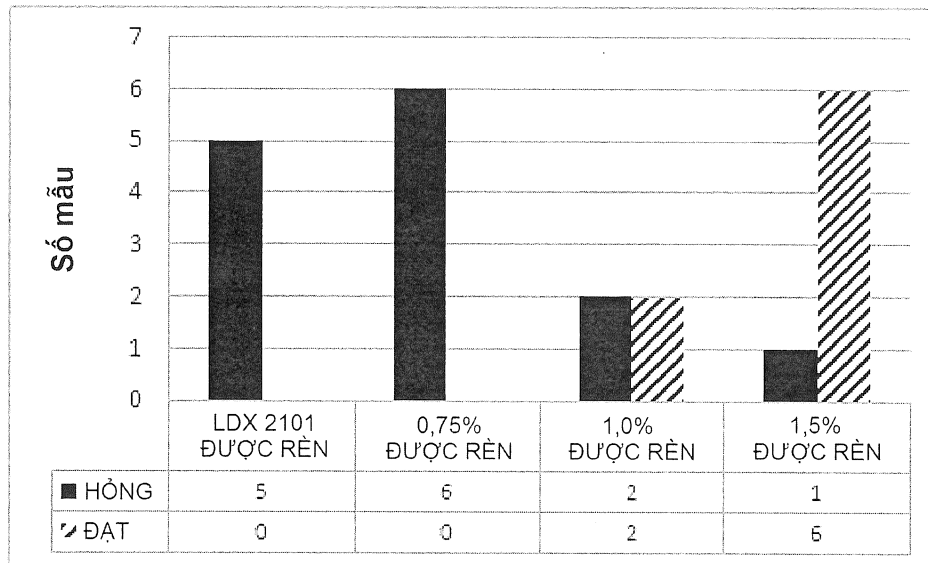


FIG. 1

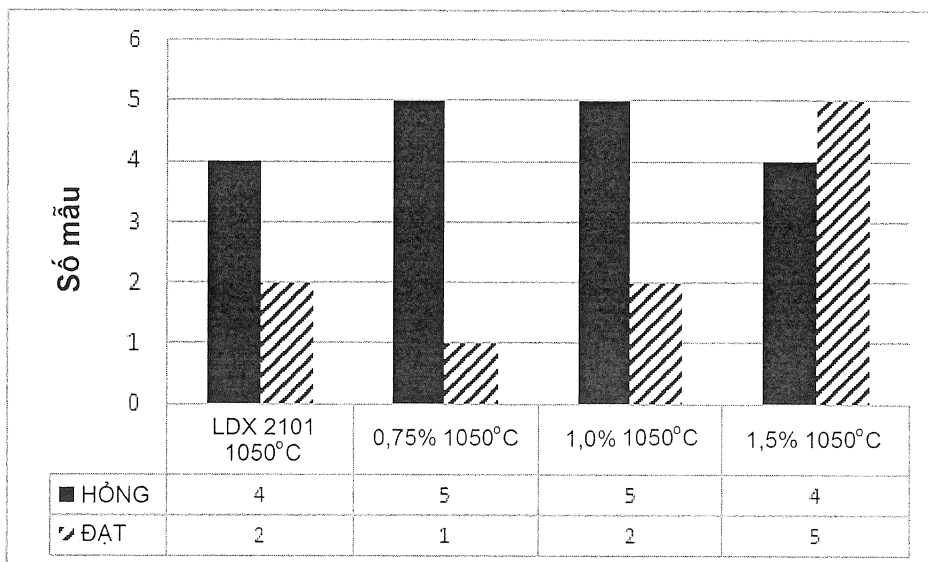


FIG. 2

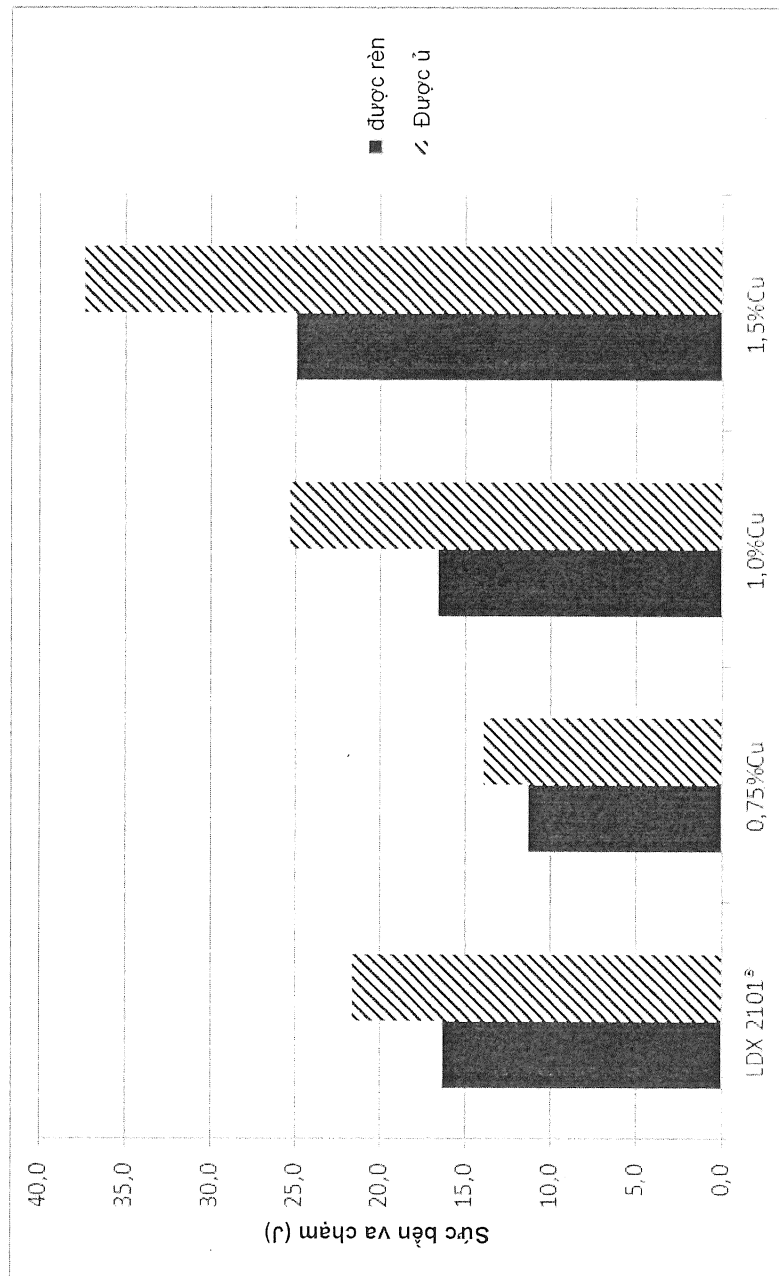


FIG. 3