

NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT CHI TIẾT MÁY BẰNG GANG CHỊU NHIỆT, ĐỘ BỀN CAO

Đặng Vũ Ngoạn – Lương Hồng Đức – Lưu Phương Minh

Trường Đại học Kỹ thuật

Trần Thanh Long

Xưởng Đúc Bình Lợi TP. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 22/06/1999)

TÓM TẮT : *Cụm dẫn khí xả của động cơ diesel là chi tiết có hình dáng phức tạp và điều kiện làm việc nặng nhọc, rất khó chế tạo. Việc nghiên cứu chế tạo gang cầu chịu nhiệt độ bền cao với công nghệ nấu luyện thích hợp đã đáp ứng được các yêu cầu đó. Các chi tiết thử nghiệm thực tế đều có độ bền và tuổi thọ cao.*

1. YÊU CẦU :

Hàng năm ngành giao thông vận tải có nhu cầu lớn thay thế những chi tiết phải nhập ngoại cho các máy động lực, đặc biệt là các cụm dẫn khí xả của động cơ diesel. Nhiều cơ sở đã tham gia nghiên cứu và chế tạo thử song vẫn chưa đạt yêu cầu khắt khe của người sử dụng.

Các chi tiết dẫn khí xả của động cơ diesel làm việc trong điều kiện khắc nghiệt, nhiệt độ thường lớn hơn 600°C (lúc tăng công suất máy, nhiệt độ tức thời của cụm chi tiết lên đến $700 + 800^{\circ}\text{C}$). Do nhiệt độ thay đổi liên tục nên các chi tiết này chịu sự va đập nhiệt. Môi trường làm việc có tính ôxy hóa cao, chi tiết bị ăn mòn xâm thực.

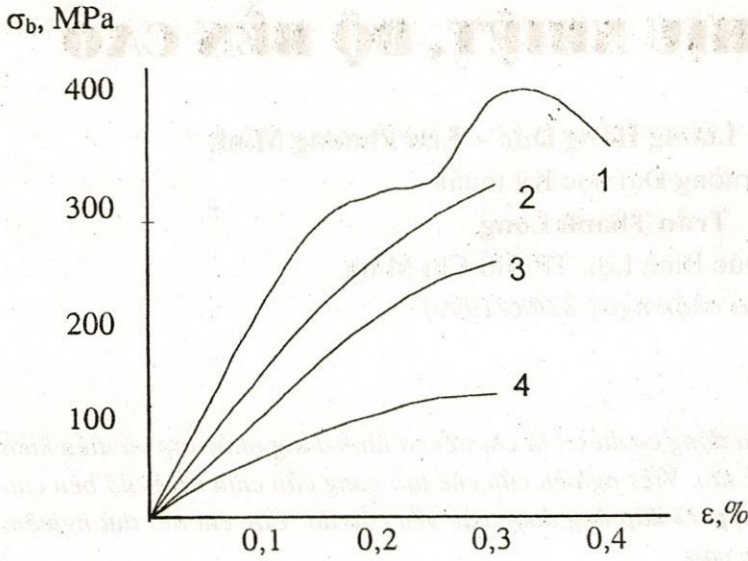
Để đáp ứng chế độ làm việc trên, cụm chi tiết cần chế tạo phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật : có độ bền cao, chịu nhiệt và va đập nhiệt, chịu được ôxy hóa.

2. PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP VẬT LIỆU :

Do các chi tiết có dạng phức tạp nên chế tạo bằng phương pháp đúc là phù hợp nhất. Các chi tiết có thể làm bằng thép chịu nhiệt song công nghệ đúc thép sẽ khó hơn và tốn kém hơn. Nếu sử dụng vật liệu gang thay thế thép sẽ khả thi cả về công nghệ lẫn tính năng kỹ thuật, kinh tế.

a. Độ bền :

Theo h.1 gang cầu có độ bền kéo không kém so với thép C45. Nó còn giữ được vùng giới hạn đàn hồi tỉ lệ theo định luật Hooke và độ dẻo ở mức độ cho phép chịu được tải trọng phức tạp (uốn, xoắn...).



H.1 Quan hệ giữa ứng suất (σ) và độ biến dạng (ϵ) của một số gang và thép 45 khi thử kéo : 1 - Thép C45; 2 - Gang cầu; 3 - Gang giun; 4 - Gang xám.

Độ bền, độ dẻo của gang phụ thuộc chủ yếu vào tổ chức tế vi của gang. Tương quan giữa độ bền và độ dẻo phụ thuộc vào tỉ lệ của tổ chức ferit và peclit cũng như độ mịn của grafit. Vì vậy, ngoài lựa chọn thành phần hỗn hợp của gang, cần chú ý biến tính để cường hóa nền.

Để chọn gang xám độ bền cao có thể dùng công thức thực nghiệm.

$$\sigma_B = \frac{75 C_{LK} + 40}{C_{td} + 1} \quad (1)$$

C_{LK} - Lượng cacbon ở dạng liên kết (%)

C_{td} - Lượng cacbon ở dạng tự do (%)

σ_B - Ứng suất bền (MPa)

Bảng 1. Sự thay đổi cơ tính của gang phụ thuộc dạng grafit.

LOẠI GANG	CƠ TÍNH	
	σ_B (MPa)	δ (%)
Gang xám	120 - 400	0 ÷ 1
Gang giun	300 - 500	1 ÷ 8
Gang cầu	450 - 700	2,5 ÷ 10

Theo bảng 1 thì cơ tính của gang cầu là tốt nhất, vì vừa có độ bền cao, vừa có độ dẻo cao.

b. Cơ tính của gang ở nhiệt độ cao :

Khi tăng nhiệt độ, độ bền, độ cứng của gang giảm. Gang dẻo thay đổi cơ tính rõ rệt ở nhiệt độ từ 350⁰C. Trong khoảng nhiệt độ từ 20⁰C +240⁰C cơ tính của gang cầu ít thay đổi. Chỉ bắt đầu ở nhiệt độ lớn hơn 500⁰C gang cầu mới thay đổi đáng kể cơ tính. Trên 600⁰C gang cầu peclit sẽ giảm độ bền nhanh hơn gang cầu ferit. Để tăng khả năng chịu nhiệt của gang cầu, cần hợp kim hóa bằng một số hợp kim tiêu biểu : Ni, Mo, Cr... với sự bổ sung các nguyên tố hợp kim thích hợp khả năng chống va đập nhiệt có thể giữ không đổi tới nhiệt độ 650 - 700⁰C.

c. Khả năng chống ăn mòn khí quyển :

Sự ăn mòn của gang phụ thuộc vào tổ chức của nó. Trường hợp chi tiết làm việc trong môi trường ôxy hóa, cơ chế ăn mòn hóa học chiếm ưu thế thì tổ chức tốt nhất là tổ chức nền peclit mịn phân bố đồng đều. Tổ chức grafit còn lại sau khi lớp bề mặt bị ôxy hóa cũng góp vai trò lớn trong việc bảo vệ bề mặt, kìm hãm sự phát triển của quá trình ăn mòn. Các nguyên tố hợp kim hóa chủ yếu tác động đến sự hình thành tổ chức của gang theo xu hướng có lợi cho khả năng chống ăn mòn khí quyển.

d. Tính chịu nhiệt :

Các nguyên tố : Cr, Ni, Cu ...kìm hãm quá trình grafit hóa và nghiền nhỏ nó, cũng như tạo tổ chức nền peclit mịn.

Hàm lượng Cr, Si cao làm cho gang ở bề mặt có lớp màng ôxyt sít chặt, có khả năng chống ôxy hóa cao, tăng tính chịu nhiệt.

Các chi tiết làm việc ở nhiệt độ cao phải có các tính chất sau :

- Chống dãn.
- Chống ôxy hóa.
- Chống giãn nở.

Dãn là sự tăng kích thước của chi tiết do bị biến dạng dẻo khi gang làm việc lâu ở nhiệt độ cao, mặc dù ứng suất tác dụng thấp hơn giới hạn chảy. Nhiệt độ càng cao dãn xảy ra càng mạnh. Molipden là nguyên tố làm tăng tính chống dãn của gang mạnh nhất. Ngoài ra, người ta còn thường hợp kim hóa thêm crôm, niken ...

Sự giãn nở của gang khi làm việc ở nhiệt độ cao là do quá trình grafit hóa tổ chức peclit (mặc dù chưa đạt nhiệt độ cùng tinh) và cacbit. Gang cầu ferit ở nhiệt độ thấp hơn 820⁰C hầu như không có sự giãn nở. Gang cầu peclit và ferit - peclit có sự giãn nở theo lý thuyết xấp xỉ 1%. Sự giãn nở sẽ ở mức thấp nhất nếu peclit được hóa bền để tổ chức giữ nguyên ở nhiệt độ cao nhờ các nguyên tố hợp kim niken, crôm.

Gang cầu không hợp kim có khả năng chịu ôxy hóa đến 650°C . Ở nhiệt độ cao hơn cần hợp kim hóa bằng nguyên tố niken.

Tóm lại hướng lựa chọn vật liệu cho cụm chi tiết gang chịu nhiệt là gang cầu hợp kim hóa các nguyên tố niken, molipden. Tổ chức phù hợp với điều kiện làm việc là gang cầu ferit hoặc gang cầu ferit - peclit nhỏ mịn.

Sự giãn nở của gang khi làm việc ở nhiệt độ cao là do quá trình graphit hóa các cacbit và xementit trong gang. Chính vì vậy, gang cầu nền ferit ở nhiệt độ thấp hơn 820°C hầu như không có sự giãn nở. Gang cầu nền peclit và ferit - peclit có sự giãn nở theo tính toán khoảng 1%. Để giảm thiểu sự giãn nở, ta cần hợp kim hóa thêm các nguyên tố như niken, crôm... để làm chậm quá trình graphit hóa các cacbit và xementit trong gang.

3. CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO HỢP KIM :

Gang hợp kim được nấu trong lò trung tần 500 kg, chi tiết đúc trong khuôn cát khô. Để đạt thành phần gang theo yêu cầu và quá trình biến tính cầu hóa diễn ra thuận lợi, cần tính toán phối liệu chính xác và chọn nguyên liệu phù hợp nhằm giảm tối đa tạp chất có hại.

Thành phần của gang xám trước khi biến tính chọn trong giới hạn sau (%).

C	Si	Mn	S	P
3,2 ÷ 3,6	2,5 ÷ 2,8	0,2 ÷ 0,6	0,02	0,03

Sau khi liệu nóng chảy hết và đạt đến nhiệt độ 1500°C , sẽ tiến hành biến tính tiền cầu hóa.

- Biến tính tiền cầu hóa với mục đích :
- Tinh luyện gang lỏng, loại các tạp có hại (lưu huỳnh, ôxy, photpho).
- Tăng số lượng mầm grafit, loại bỏ ảnh hưởng xấu của tạp chất đến quá trình kết tinh và tạo điều kiện thuận lợi cho giai đoạn cầu hóa grafit tiếp theo.

Để đạt mục đích đó thường sử dụng các chất biến tính hệ Fe - Si, grafit, cacbit silic và silico canxi. Trong các lò điện, gang lỏng được giữ lâu ở nhiệt độ cao nên cho thêm các chất biến tính tiền cầu hóa sẽ đạt hiệu quả cao hơn. Đối với lò điện thường sử dụng bột grafit có cỡ hạt 0,1 ÷ 3 mm với hàm lượng 0,15%. Chúng được cho vào gang lỏng khoảng 5 - 6 phút trước khi tiến hành cầu hóa. Điều đó cho phép tăng đáng kể tính dẻo và độ chảy nhớt của gang cầu sau khi đúc mặc dù gang được giữ lâu trong lò ở nhiệt độ cao.

Qua so sánh các mẫu chế tạo thử, hiệu quả của việc cho bột grafit vào gang lỏng trước cầu hóa làm tăng hiệu quả cầu hóa hơn các hệ Fe - Si và một số hệ khác.

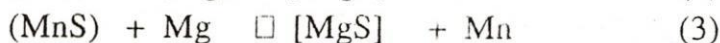
- Quá trình hóa khí lưu huỳnh :

Khi chọn liệu phải lưu ý đến hàm lượng các tạp, đặc biệt là lưu huỳnh. Trong quá trình nấu chảy gang trong lò trung tần, việc khử lưu huỳnh có khó khăn hơn. Kinh tế nhất là khử lưu huỳnh ở ngoài lò. Sử dụng các nguyên tố đất hiếm cho phép giảm hàm lượng lưu huỳnh trong gang lỏng. Còn nếu dùng hỗn hợp kim trung gian silic đất hiếm cho hiệu quả cao hơn. Các nguyên tố đất hiếm (Ce) liên kết với lưu huỳnh trong gang lỏng tạo nên các sunfua bền vững, không tương tác với manhê khi cầu hóa. Nhiệt độ khử lưu huỳnh tối ưu nằm trong khoảng $1480 \div 1535^{\circ}\text{C}$.

- Biến tính cầu hóa :

Các nghiên cứu quá trình biến tính cầu hóa cho thấy : Các chất gây cầu hóa mạnh và đạt hiệu quả cao là manhê và các nguyên tố đất hiếm (Ce).

Manhê cũng như các nguyên tố đất hiếm đưa vào gang lỏng có tác dụng làm sạch gang lỏng (tinh luyện) khỏi các tạp chất có hại như ôxy, lưu huỳnh. Khi đưa manhê vào gang lỏng có thể xảy ra các phản ứng sau :



Như vậy các chất biến tính đã loại được những tạp chất tạo ra cùng tinh dễ nóng chảy bao quanh tinh giới hạt làm cản trở quá trình grafit hóa. Các ôxyt, các sản phẩm sunfua tạo ra có nhiệt độ nóng chảy cao hơn, khó hòa tan vào gang lỏng và dễ đi vào xỉ.

Lượng Mg đưa vào biến tính được tính theo công thức :

$$Mg_z = \frac{(S_A - S_d) \times 0,76 + Mg_R}{Mgd} \times 100\% \quad (5)$$

Mg_z - Tổng lượng manhê đưa vào biến tính, %

Mg_R - Tổng lượng manhê biến tính, %

Mgd - Tổng lượng manhê dư sau biến tính, %

S_A - Tổng lượng lưu huỳnh ban đầu, %

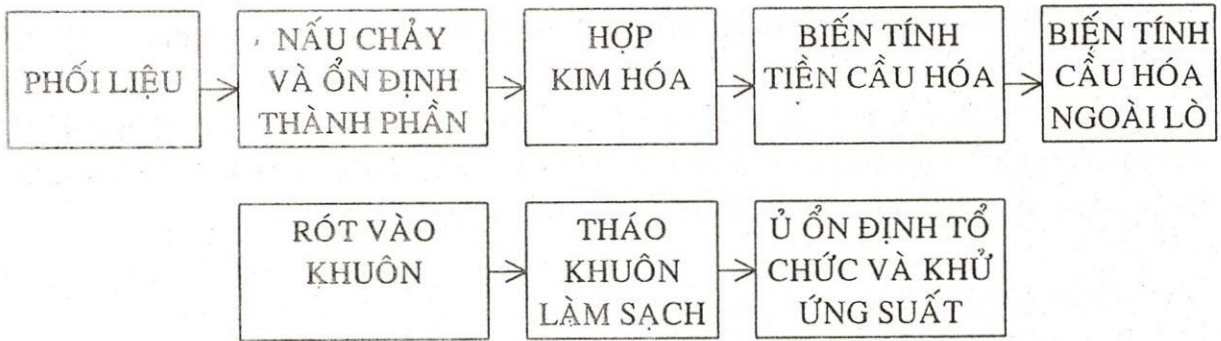
S_d - Tổng lượng lưu huỳnh còn lại, %

(tối đa 0,005%)

Manhê đưa vào biến tính có thể ở dạng nguyên chất hoặc hợp kim trung gian.

Hệ hợp kim trung gian Mg - đất hiếm - Si - Fe và hệ Mg - Ca - đất hiếm - Ba - Si - Fe cho hiệu quả cầu hóa cao nhất (>90%).

Kết luận : Hướng công nghệ chế tạo gang hợp kim cao, cầu hóa trong lò trung tần theo các bước sau :



h.2. Sơ đồ công nghệ.

4. CÁC KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN :

Các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến kết quả.

a. Với nền ferit - peclit có thể chọn tổng lượng C + Si theo hàm lượng :

$$- C + Si = 5,3 \div 5,6\%$$

- Hàm lượng lưu huỳnh trong liệu :

$$S = 0,05 \div 0,08\%$$

Sử dụng chất biến tính : Mg - đất hiếm - Si - Fe khối lượng 1,5% ÷ 2%.

Nhiệt độ biến tính 1450÷1470⁰C thời gian biến tính 2 ÷3 phút.

b. Nếu chọn gang nền ferit. Muốn grafit hóa hoàn toàn ta chọn

$$- C + Si \sim 6\%$$

- Lượng lưu huỳnh trong liệu nhỏ hơn 0,05% chọn chất biến tính hệ Mg - đất hiếm - Ni, lượng biến tính 2%, thời gian biến tính 3 phút.

Nhiệt độ biến tính 1460 ± 15⁰C.

Dưới đây là các kết quả thí nghiệm các chi tiết gang cầu chịu nhiệt với các nền khác nhau, tại xí nghiệp đầu máy xe lửa Sài Gòn.

Nhóm I : 15 mẫu

Nhóm II : 15 mẫu

Nhóm III : 15 mẫu

Bảng 2. Kết quả sử dụng thực tế các chi tiết đúc cụm dẫn khí xả.

SỐ LƯỢNG MẪU	THỜI GIAN SỬ DỤNG	KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ
Gang cầu nền ferit - peclit (peclit > 10%).	> 18 tháng	Không xuất hiện vết nứt.
Gang cầu Ferit	~ 12 tháng	Có xuất hiện vết nứt nhỏ.
Gang cầu nền Peclit	~ 6 tháng	Giòn bị nứt, bị ôxy hóa.

KẾT LUẬN :

- Các chi tiết chế tạo từ gang cầu hợp kim hóa niken, mômipden, tổ chức nền ferit - peclit (peclit nhỏ hơn 10%) làm việc tốt nhất. Thời hạn sử dụng theo yêu cầu là 6 + 12 tháng mà các chi tiết này chưa bị hỏng sau 18 tháng.

- Cùng một tổ chức mà kích thước hạt nhỏ mịn và phân bố đều có độ bền và tuổi thọ cao hơn.

RESEARCH INTO PRODUCTION THE PARTS OF A MACHINE BY HEAT RESISTING AND HIGH STRENGTH CAST IRON

Đang Vu Ngoan – Luong Hong Duc – Luu Phuong Minh – Tranh Thanh Long

ABSTRACT: The exhaust part of Diesel engine are complicated figure, hard working conditions and difficult to produce. The research into production of spheroidal graphite cast iron with heat resisting and high strength by suitable melting technology can satisfy that technical requirements. The tested parts in practice are got high strength and longevity.

TÀI LIỆU THAM KHẢO.

1. Sumikhin V. X; V.P Kutuzov, AI. Khranchenko. Vuxokokachestvenie chugunur dlia otlivok. Moskva 1982. Metallurgia.
2. E.V. Zakharchenko, iu.N. Levchenko, V.G. Gorcheuko, P. A.varenhiv. Otlivki iz chuguna x sarovidnưm grafitom. Kiev. 1986. Naukova i dumka.
3. V.I. Litovka. Povusennie k achectva vưxokoprochnưvo chuguna v otlivkak. Kiev. 1987. Naukova i dumka.
4. A. M. Mikhailov, V.V Bauman. B.I. Blacov... Licheinoe proizvodstvo. Moskva 1987. Metallurgia.