

**NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU VÀ ĐỀ XUẤT CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NHIỆT
VÀ BỀ MẶT CHO BÁNH RĂNG HỘ SỐ ÔTÔ**
RESEARCH ON MATERIALS AND PUT FORWARD HEAT AND SURFACE TREATMENT
TECHNOLOGY FOR GEAR BOX

Phùng Thị Tố Hằng, Nguyễn Văn Đức, Nguyễn Thị Vân Thanh
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu: khảo sát thành phần hóa học, tổ chức tế vi ở trạng thái làm việc, trạng thái ủ của lớp bề mặt và trong lõi của bánh răng ở các vị trí khác nhau trong một số hộp số ô tô thông dụng ở Việt nam có tải trọng từ 3 đến 5 tấn. Kết quả phân tích thành phần hóa học cho thấy đã sử dụng các loại thép khác nhau để chế tạo bánh răng hộp số như mác thép thấm cacbon: 25CrMnMo, 25CrMnTi, 18CrMnTi và thép hóa tốt: 35Cr, 45Cr. Kết quả khảo sát sự phân bố độ cứng từ bề mặt vào trong lõi của các loại bánh răng (từ 56-62HRC ở bề mặt và 34-46HRC trong lõi) kết hợp với nghiên cứu sự thay đổi tổ chức tế vi từ bề mặt vào trong lõi của các bánh răng: tổ chức là mactenxit và austenit dư (khoảng 8%) ở bề mặt dường như là thép sau cùng tích, trong khi đó ở trạng thái ủ chỉ tương ứng với thép trước cùng tích (ferit và peclit), điều này đã cho phép kết luận về sự có mặt của nitơ trong lớp bề mặt do giữ lại một lượng đáng kể austenit dư trong thép có hàm lượng cacbon không cao. Như vậy, công nghệ thấm C-N đã được áp dụng cho các bánh răng hộp số làm bằng cả hai nhóm thép thấm cacbon và thép hóa tốt, đây là điểm khác biệt với công nghệ truyền thống đang được sử dụng cho các bánh răng ở Việt Nam hiện nay.

ABSTRACT

This paper represents the results of researches on the chemical composition, microstructures from the surface to the core in the working and annealed status of gears of different kind of gear box for vehicles presenting in Vietnamese with loading capacity from 3 to 5 tons. The results of the chemical composition analysis showed that there is different kind of steel was used for making gears such as low-carbon alloy steels used for carburizing: 25CrMnMo, 25CrMnTi and 18CrMnTi and the structural medium-carbon alloy steels: 35Cr, 45Cr. The changes of the hardness from the surface (HRC 56-62) to the core (HRC 34-46) of the gears combine with the changes of their microstructure: martensite and retaining austenite (about 8%) on surface seem like the hypereutectoid steel; while the annealed structure is similar to the hypoeutectoid, this could conclude the existence of nitrogen on the surface layer of the gear, they retained rather enough austenite in the steel with low or medium-carbon steels. Therefore, carbon-nitriding technology was applied for gears of gear boxes for both kind of the low and medium carbon steel. This is different from traditional technology being used in Vietnam.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bánh răng trong hộp số ô tô gồm 4 loại chính: bánh răng sơ cấp, bánh răng trung gian, bánh răng thứ cấp và bánh răng số lùi [1,2]. Trong quá trình làm việc bánh răng chịu va đập mạnh và chịu tác động của nhiều ứng suất, do đó có thể gây ra các hư hỏng khác nhau. Bề mặt răng chịu mài mòn mạnh, còn bên trong và chân răng chịu uốn, xoắn. Như vậy các bánh răng hộp số ô tô làm việc trong điều kiện khá nặng nhọc, tuy nhiên bánh răng ở các vị trí khác nhau trong hộp số, của các loại xe khác nhau chịu ứng suất khác nhau [3,4].

Để có khả năng làm việc tốt, ngoài yêu cầu đạt độ chính xác kích thước để đảm bảo ăn khớp tốt, cơ tính của bánh răng phải đảm bảo đồng thời các chỉ tiêu sau: độ cứng bề mặt cao để có khả năng chống mài mòn tốt, không bị bong tróc; độ cứng và độ bền lõi thích hợp làm việc tốt trong điều kiện chịu tải trọng động, không bị gãy vỡ; độ bền mỏi cao để bảo đảm khả năng làm việc lâu dài. Do vậy độ cứng bề mặt thường yêu cầu từ 58-62 HRC, lõi dẻo dai có độ cứng từ 38-42 HRC [4,5,6]. Như vậy, tuổi thọ và chất lượng của bánh răng ngoài vấn đề thiết kế, chế tạo còn phụ thuộc vào việc lựa

chọn vật liệu, các qui trình xử lý nhiệt để đảm bảo cơ tính và chống biến dạng. Đây là yêu cầu rất khắt khe vì ứng suất nhiệt và ứng suất tổ chức khi nhiệt luyện khá lớn, thường vượt quá mức cho phép.

II. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu được thực hiện trên một số bánh răng chưa qua sử dụng của một số hộp số ô tô thông dụng đang được sử dụng phổ biến ở Việt nam có tải trọng từ 3 đến 5 tấn, cụ thể là: xác định các mác thép làm bánh răng; nghiên cứu tổ chức tế vi từ bề mặt vào trong lõi răng ở trạng thái làm việc và trạng thái ù; xây dựng phân bố độ cứng từ bề mặt vào trong lõi. Trên cơ sở đó phân tích và đưa ra công nghệ xử lý nhiệt và bề mặt đã được áp dụng cho các bánh răng hộp số khác nhau. Thành phần hoá học của các mẫu bánh răng được xác định bằng phương pháp quang phổ phát xạ trên máy Metal Lab 75-80J (Italia), tổ chức tế vi được nghiên cứu trên kính hiển vi quang học Axiovert 25A với phần mềm xác định thành phần pha IPWIN3 Image ProPlus (Đức). Độ cứng tải trọng nhỏ được đo trên máy Duaramin Struer (Đan Mạch). Lò nung điều khiển theo chương trình Mod N11/H (Đức) được sử dụng để ủ mẫu đến trạng thái cân bằng nhằm xác định lượng các bon bề mặt của các bánh răng. Các loại hộp số được sử dụng để nghiên cứu là xe của Nga (ký hiệu là ZIL1, ZIL3, ZL5, GAZ), xe nông dụng của

Trung quốc (ký hiệu là TQ1, TQ2, TQ3) và xe của Hàn quốc (ký hiệu là H1, H3).

III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1 Xác định mác thép làm bánh răng

Kết quả phân tích bằng quang phổ phát xạ cho các bánh răng hộp số của một số loại xe được trình bày trong bảng 1. Kết quả cho thấy thép làm bánh răng thuộc hai nhóm, nhóm thép thấm các bon tương đương với các mác 18CrMnTi, 25CrMnTi, 25CrMnMo (theo tiêu chuẩn Việt nam – TCVN) được sử dụng cho các bánh răng sơ cấp, thứ cấp, trung gian và bánh răng số lùi (ZIL3, TQ1, TQ2 và H1). Nhóm thép hoá tốt tương đương với các mác 35Cr, 40Cr (TCVN) được dùng cho bánh răng trung gian của các xe GAZ, ZIL1. Cũng nhận xét thêm rằng, hộp số của ô tô Nga có khuynh hướng sử dụng thép khác nhau đối với các bánh răng ở từng vị trí cụ thể, chẳng hạn, bánh răng trung gian bằng thép hoá tốt, bánh răng sơ cấp và thứ cấp bằng thép thấm cacbon, trong khi đó các xe của Hàn quốc, Trung quốc làm bằng cùng một loại vật liệu. Trong các mác thép trên, các nước Nga, Nhật, Mỹ, Hàn quốc hiện nay có xu hướng ưa dùng các thép có chứa Mo (như 25CrMnMo) hơn là thép có chứa Ti, do Mo có tác dụng làm nhỏ hạt giống như Ti, ngoài ra Mo còn là một trong những nguyên tố có tác dụng làm tăng mạnh độ thấm tôi, chỉ với hàm lượng 0,5% có thể tương đương với 3-4%Ni [7,9,10].

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần hoá học và các mác thép của các bánh răng

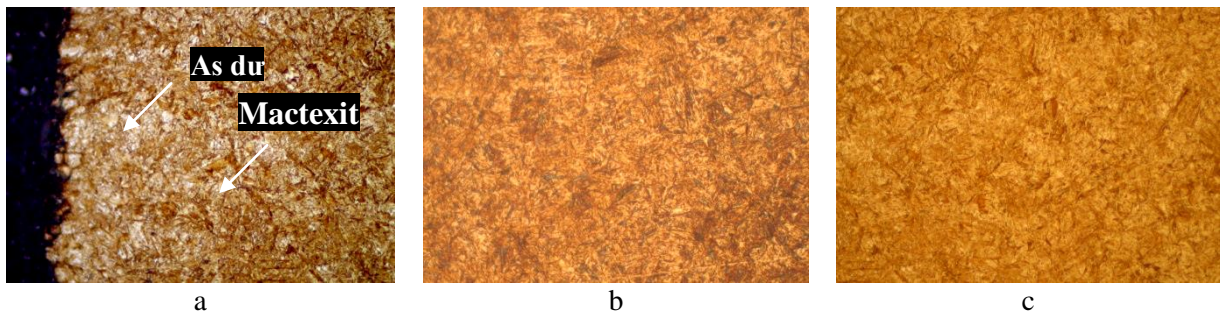
TT	Loại bánh răng	Thành phần hóa học trung bình các nguyên tố chính, [%] khối lượng						
		C	P	S	Mn	Cr	Mo	Ti
1	BR trung gian GAZ	0.3740	0.0255	0.0352	0.6731	1.2358	0.0326	0.0034
	Mác thép (TCVN)	35Cr						
2	BR trung gian ZIL1	0.4311	0.0132	0.0077	0.6230	1.0050	0.0227	0.0055
	Mác thép (TCVN)	45Cr						
3	BR thứ cấp ZIL3	0.2356	0.0213	0.0216	0.9123	0.9656	0.2018	0.0031
	BR thứ cấp H1	0.2407	0.0118	0.0125	0.8461	1.2982	0.2284	0.0043
	Mác thép (TCVN)	25CrMnMo						
4	BR trung gian ZIL 5	0.2405	0.0095	0.0111	0.9799	1.0078	0.2151	0.1115
	BR trung gian TQ3	0.2304	0.0170	0.0172	0.8301	1.1909	0.0237	0.0689
	Mác thép (TCVN)	25CrMnTi						
5	BR trung gian TQ1	0.2191	0.0086	0.0106	0.9562	1.0820	0.0252	0.0523
	BR ống gài TQ2	0.2169	0.0129	0.0079	0.9164	1.1764	0.0219	0.0526
	Mác thép (TCVN)	25CrMnTi						

3.2 Nghiên cứu tổ chức tế vi

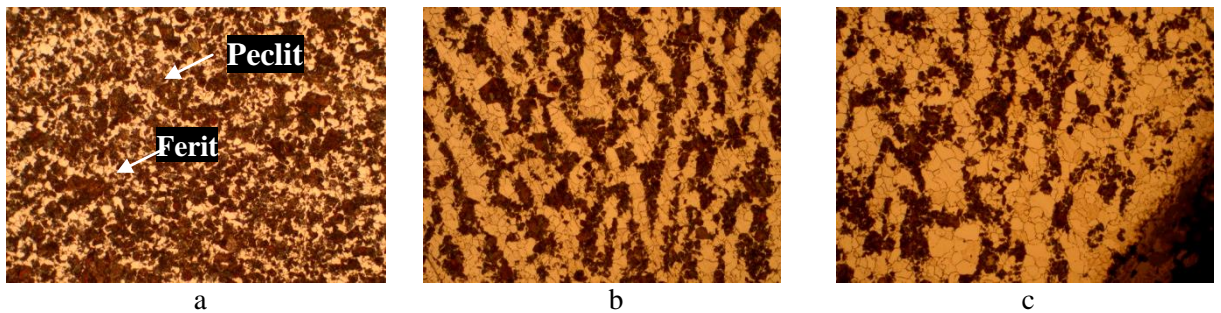
1. Bánh răng thứ cấp

Trên hình 1 a,b,c tương ứng là ảnh tổ chức tế vi của lớp bề mặt, lõi răng và lõi bánh răng ở trạng thái làm việc của bánh răng thứ cấp H1 và ZIL3 có mác thép tương đương với 25CrMnMo. Ta nhận thấy, tổ chức lớp bề mặt và lõi răng rất khác nhau, như vậy có thể khẳng định bánh răng đã được xử lý bề mặt. Bề mặt có tổ chức mactenxit kim và có nhiều austenit dư (pha trắng). Dùng chương trình IPWIN3 đã xác định lượng austenit dư trên lớp bề mặt còn khoảng 8%. Tổ chức của lõi răng và lõi bánh răng giống nhau, có tổ chức mactenxit kim nhỏ mịn, như vậy bánh răng này đã được tôi thấu. Trong trường hợp bánh răng có kích thước khá lớn, lõi có thể không được tôi thấu, tổ chức lõi lúc này nhận được có thể là hỗn hợp của mactenxit và troxitit. Để dự đoán sự thay đổi hàm lượng cacbon từ bề mặt vào lõi, các mẫu

bánh răng được đem ủ bảo vệ trong N₂ để nhận được tổ chức ở trạng thái cân bằng. Trên hình 2 là ảnh tổ chức tương ứng của bề mặt răng (a), lõi răng (b) và lõi bánh răng (c) của bánh răng H1 ở trạng thái ủ. Có thể nhận thấy rõ sự thay đổi hàm lượng cacbon từ bề mặt vào trong lõi nhờ sự thay đổi hàm lượng peclit (vùng màu sẫm) trên các ảnh tổ chức tế vi. ở lớp bề mặt lượng peclit chiếm đến 80%, pha sáng còn lại là ferit (với độ cứng tế vi 175 ÷ 185 HV), tương ứng với thép trước cùng tích có hàm lượng cacbon nhỏ hơn 0,8%. Trong lõi răng, lượng peclit chiếm khoảng 35% cao hơn trong lõi bánh răng, có nghĩa là hàm lượng cacbon giảm dần từ bề mặt vào đến lõi bánh răng. Phân tích này cho phép khẳng định, các bánh răng đã được hoá nhiệt luyện để khuếch tán cacbon lên lớp bề mặt bánh răng. Công nghệ hoá nhiệt luyện thực hiện cho bánh răng này có thể là thấm cacbon (C) hoặc thấm cacbon-nitơ (C-N).



Hình 1. Tổ chức tế vi của bánh răng Huyn đai (H1) ở trạng thái làm việc bề mặt răng (a), lõi răng (b) và lõi bánh răng (c) X500



Hình 2. Tổ chức tế vi của bánh răng Huyn đai (H1) ở trạng thái cân bằng bề mặt răng (a), lõi răng (b) và lõi bánh răng (c) X500

Thấm C là phương pháp truyền thống, đảm bảo cho chi tiết có cơ tính làm việc tốt, hiệu quả thấm cao. Sau khi thấm, tổ chức cân bằng từ bề mặt vào lõi của chi tiết thấm sẽ có ba vùng rõ rệt với tổ chức: sau cùng tích (peclit+xementit), cùng tích (peclit) và trước

cùng tích (ferit +peclit). So với thấm C, thấm C-N là phương pháp thấm có nhiều ưu điểm như nhiệt độ thấm không cần cao như thấm C, chiều sâu lớp thấm không cần dày, cơ tính không thua kém lớp thấm C mà khả năng chống mài mòn lại cao hơn do sự có mặt của các nitrit

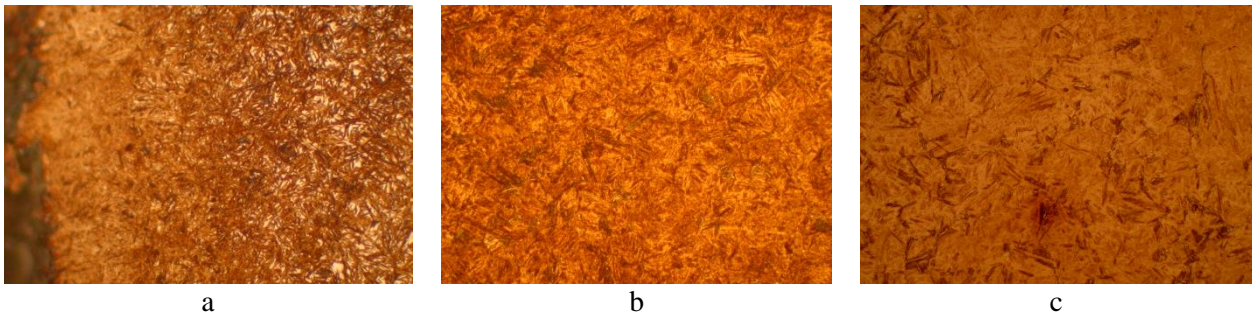
trong lớp bề mặt. Lớp thấm C-N cho phép tổng hàm lượng cacbon, nitơ lớn nhất đến 1,15%, trong đó hàm lượng cacbon nhỏ hơn 0,8%. Như vậy, căn cứ vào lượng cacbon, tổ chức lớp bề mặt của bánh răng sau thấm C-N là của thép trước cùng tích. Trên cơ sở các đặc điểm trên của hai công nghệ thấm có thể khẳng định công nghệ thấm thực hiện trên bánh răng H1 và ZIL3 là thấm C-N.

2. Bánh răng trung gian

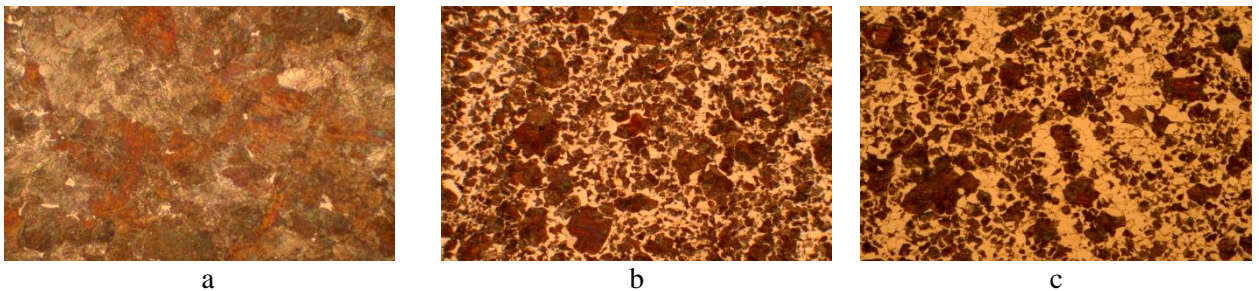
Theo kết quả phân tích thành phần hoá học, bánh răng trung gian có thể là thép thấm hoặc thép hoá tốt, riêng trong hộp số của Nga bánh răng này đã dùng thép hoá tốt. Trong nghiên cứu này, trình bày kết quả nghiên cứu bánh răng của hộp số xe ZIL1 làm bằng thép hóa tốt 40Cr. Tổ chức tế vi của bánh răng ZIL1 ở trạng thái làm việc từ bề mặt vào đến lõi răng và lõi bánh răng được trình bày trên hình 3a,b,c tương ứng. Có thể thấy rằng, bề mặt có tổ chức giống như lớp thấm hoặc tôi bề mặt với mactenxit kim nhỏ mịn, tiếp theo là mactenxit thô hơn xen kẽ là pha austenit dư màu sáng (hình 3a). Lõi răng có tổ chức mactenxit kim nhỏ mịn (hình 3b) và lõi bánh răng có tổ chức mactenxit và troxitit (hình 3c).

Để đánh giá hàm lượng cacbon trong lớp bề mặt và lõi bánh răng, đã nghiên cứu tổ chức

tế vi của bánh răng này ở trạng thái ủ có bảo vệ để chống thoát cacbon (hình 4a,b,c). Lớp bề mặt (hình 4a) có tổ chức gần như 100% peclit, lượng pha sáng (pha ferit) không đáng kể. Lõi răng có tổ chức khoảng 68% peclit (hình 4b) và lõi bánh răng có tổ chức xấp xỉ 50% peclit (hình 4c) và có dạng thớ. Từ các ảnh tổ chức tế vi có thể thấy rằng, lớp bề mặt có chứa hàm lượng cacbon cao, kết hợp với kết quả xác định lượng austenit dư lớp bề mặt ở trạng thái làm việc (hình 3a) khoảng 20% có thể khẳng định lớp bề mặt có hàm lượng cacbon khoảng 0,8-1,1%. Điều này cũng có nghĩa là bánh răng ZIL1 đã không được tôi bề mặt theo công nghệ áp dụng với các thép hoá tốt thông thường mà được thấm C hoặc C-N. Kết hợp với tổ chức tế vi ở trạng thái ủ (4a) cho thấy, hàm lượng cacbon bề mặt khoảng 0,8% (tổ chức hoàn toàn là peclit màu sẫm) hoặc nhỏ hơn do còn quan sát thấy lượng ít pha màu sáng ferit. Lớp thấm này cũng là thấm C-N do không có những đặc trưng điển hình của lớp thấm C như đã nói ở trên, đồng thời lượng austenit dư trong lớp bề mặt khá cao được giải thích bởi sự có mặt của nitơ làm tăng tính ổn định của austenit khi tôi. Tổ chức lõi bánh răng ở trạng thái làm việc là troxitit, điều này cho thấy bánh răng có kích thước khá lớn nên không đủ thấm tôi vào tận lõi.



Hình 3. Tổ chức tế vi ở trạng thái làm việc của ZIL1 từ bề mặt (a), đến lõi răng (b) và lõi bánh răng (c) X500

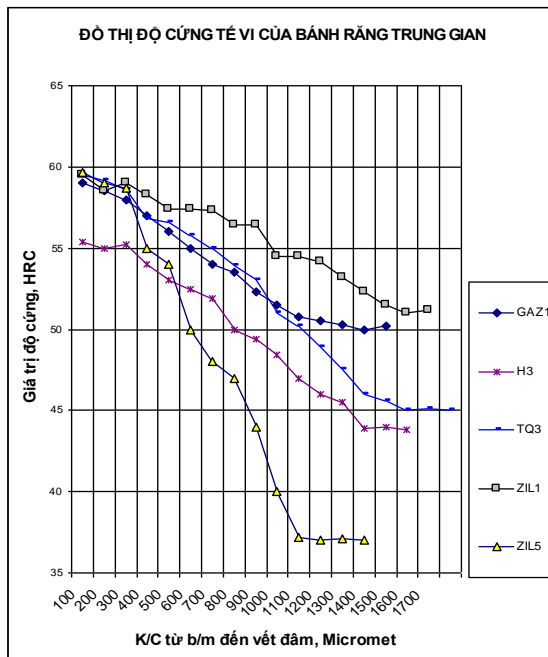


Hình 4. Tổ chức tế vi ở trạng thái ủ của ZIL1 từ bề mặt (a), đến lõi răng (b) và lõi bánh răng (c) X500

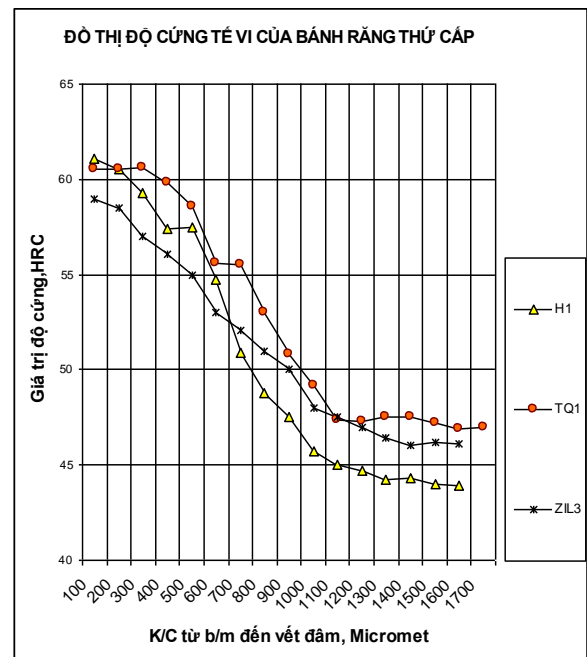
3.3 Khảo sát độ cứng của bánh răng

Phân bố độ cứng tế vi của bánh răng từ bề mặt vào trong lõi được xác định trên máy Duramin Struer. Hình 5 và 6 là phân bố độ cứng của nhóm bánh răng trung gian và bánh răng thứ cấp từ bề mặt làm việc vào trong lõi răng. Có thể thấy rằng, độ cứng bề mặt của các răng dao động trong khoảng từ 55-60HRC, trong đó bánh răng thứ cấp có độ cứng cao hơn bánh răng trung gian chút ít. Dải độ cứng này đối với các mác thép thấm và hoá tốt chỉ có thể đạt được bằng phương pháp hoá nhiệt luyện. Lõi răng có độ cứng khoảng từ 43-46 HRC (với các bánh răng từ nhóm thép CrMnTi và CrMnMo) và 51-52 HRC (với bánh răng bằng

thép 35Cr và 40Cr), độ cứng này là khá cao. Tổng chiều sâu lớp thấm (tính từ bề mặt cho đến vị trí giá trị độ cứng ổn định trong nền) từ 0,7 đến 1,1mm. Theo [2,3,4,5,7], độ bền uốn tốt nhất khi lõi răng đạt giá trị từ 34-46 HRC. Hai mẫu bánh răng GAZ1 và ZIL1 thuộc nhóm thép hoá tốt có hàm lượng cacbon cao hơn, do đó độ cứng nền cao hơn các bánh răng thuộc nhóm thép thấm. Đồng thời các bánh răng này cũng không thực hiện quy trình nhiệt luyện hoá tốt theo truyền thống (nhiệt luyện hoá tốt sau đó tôi bề mặt và ram thấp). ở đây các bánh răng thuộc họ này đã được nhiệt luyện tôi và ram thấp sau thấm C-N để nhận được tổ chức có độ cứng cao (49-51HRC) hơn hẳn nền là tổ chức xocbit.



Hình 5. Đồ thị quan hệ độ cứng và khoảng cách từ bề mặt răng của nhóm bánh răng trung gian



Hình 6. Đồ thị quan hệ độ cứng và khoảng cách từ bề mặt răng của nhóm bánh răng thứ cấp

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xác định được hai nhóm thép làm bánh răng hộp số là: nhóm thép thấm với các mác thép tương đương với 25CrMnMo, 25CMnTi, 18CrMnTi (TCVN), trong đó thép

ưu việt hơn cả là thép có chứa Mo; và nhóm thép hoá tốt với mác thép tương đương với 40Cr, 35Cr (TCVN). Bánh răng được chế tạo bằng phương pháp dập nóng có ưu điểm hơn do tạo ra được thớ làm tăng khả năng chịu lực của

bánh răng. Các bánh răng được hoá nhiệt luyện bằng phương pháp thấm C-N ở nhiệt độ cao, sau đó tôi và ram thấp nhằm đạt được độ cứng bề mặt trong khoảng 56-62 HRC, bánh răng sơ cấp, thứ cấp có độ cứng cao hơn trung gian 1-2 HRC; lõi có độ cứng từ 43-46HRC, có thể đến

51HRC với thép hoá tốt. Chiều dày của lớp thấm từ 0,7-1,2mm. Trong các bài báo tới chúng tôi sẽ trình bày kết quả nghiên cứu thấm C, thấm C-N bằng khí gaz Việt nam cho các mác thép trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Trần Văn Địch*; Công nghệ chế tạo bánh răng; NXB Khoa học kỹ thuật, Hà nội, 2003.
2. *Nguyễn Khắc Trai*; Cấu tạo hệ thống truyền lực ô tô con; NXB KHKT, Hà nội, 2001.
3. *B.M. Zintrenko*; Surface Engineering of Gears by Chemical - Heat Treatment Technology; Mockow, 2001.
4. *A.K. Rakhit*; Heat Treatment of Gears; ASM International, 2000.
5. *B. Zakharov*; Heat Treatment of Metals; Peace Publishers. Moscow, 1962.
6. *Nghiêm Hùng*; Nhiệt luyện các chi tiết ô tô máy kéo; NXB KHKT, Hà nội, 1987.
7. *Lê Công Dương* (chủ biên); Vật liệu học; NXB Khoa học kỹ thuật, Hà nội, 1997.
8. *B.N. Arzamarov*; Vật liệu học (Bản dịch); NXB Giáo dục, Hà nội, 2000.
9. *A.A.Smucov*; Sách tra cứu về nhiệt luyện; NXB Khoa học kỹ thuật, Hà nội, 1973.
10. *Nguyễn Văn Tư*; Xử lý bề mặt; Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2000.

Địa chỉ liên hệ: Phùng Tố Hằng – Tel: (04) 3868.0364, Email: hangpt-fmmt@mail.hut.edu.vn
 Bộ môn Vật liệu học, xử lý nhiệt và bề mặt; Khoa KH&CN Vật liệu
 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội