

NGHIÊN CỨU CẢI THIẾN ĐỘ DAI VÀ ĐẬP CỦA THÉP 30CrMnSi BẰNG CÔNG NGHỆ NHIỆT LUYỆN PHỨC HỢP

Nguyễn Đình Chiến*, Nguyễn Văn Dương

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu công nghệ nhiệt luyện phức hợp nhằm cải thiện độ dai và đập cho thép 30CrMnSi. Tổ chức tế vi và cơ tính (độ cứng, độ bền, độ dẻo và độ dai) của thép 30CrMnSi ở chế độ nhiệt luyện phức hợp đã được khảo sát và so sánh với chế độ nhiệt luyện thông thường để làm cơ sở cho đánh giá các chế độ nhiệt luyện này. Kết quả thực nghiệm cho thấy, độ dai và đập của thép được cải thiện đáng kể thông qua nhiệt luyện phức hợp. Cụ thể, các mẫu được nhiệt luyện phức hợp cho độ dai và đập cao hơn gần gấp hai lần độ dai và đập của các mẫu được nhiệt luyện thông thường. Các mẫu nhiệt luyện thông thường cho độ dai và đập là $0,43 \text{ MJ/m}^2$, các mẫu nhiệt luyện phức hợp cho độ dai và đập là $0,85 \text{ MJ/m}^2$.

Từ khóa: Nhiệt luyện; Thép hợp kim; Độ dai và đập; Giòn ram.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thép 30CrMnSi là thép được hợp kim hoá phức tạp bằng Cr - Mn - Si với tổng lượng nguyên tố hợp kim khoảng 2 - 3 %, độ thấm tôi của thép được cải thiện rõ rệt và đạt tới giá trị 20 – 40 mm. Tuy hợp kim hoá phức tạp, nhưng toàn là những nguyên tố sẵn có nên nhóm thép này tương đối rẻ lại đạt được cơ tính khá cao được dùng nhiều trong chế tạo ô tô: các trục, các kết cấu chịu lực, các chi tiết bộ phận lái,... [1].

Thép 30CrMnSi có chế độ nhiệt luyện thông thường là tôi và ram cao, để nhận được tổ chức xocbit ram, có độ dai và đập lớn nhất. Tuy nhiên, với thép được hợp kim hoá bằng Cr, Mn, Cr - Mn khi ram ở nhiệt độ khoảng 500 - 600 °C và làm nguội thông thường (nguội trong không khí) gây giòn ram loại II hay còn gọi là giòn ram thuận nghịch hoặc có thể chữa được [1, 2].

Biện pháp phòng tránh giòn ram loại này là làm nguội nhanh trong dầu, trong nước khi ram cao đối với các chi tiết nhỏ và trung bình. Với các chi tiết lớn làm nguội như vậy vẫn không đủ nhanh để làm mất giòn ram, lúc này phải dùng thép có hợp kim hoá thêm bằng 0,2 - 0,5 %Mo hay 0,5 - 1 %W.

Các biện pháp trên cho thấy nếu làm nguội nhanh đối với những chi tiết lớn, hình dạng phức tạp có thể làm tăng nội ứng suất, tăng khả năng bị biến dạng cong vênh nứt vỡ, biện pháp hợp kim hoá làm tăng chi phí và phức tạp. Vì vậy, nhóm tác giả đã nghiên cứu nhiệt luyện phức hợp để nâng cao độ dai và đập của thép 30CrMnSi và độ dai và đập của thép 30CrMnSi cũng tăng ngay cả khi ram làm nguội trong không khí.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Chuẩn bị mẫu nghiên cứu

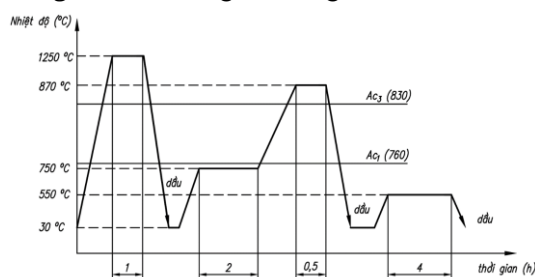
Mẫu thép 30CrMnSi được nghiên cứu với 03 chế độ nhiệt luyện gồm: nhiệt luyện phức hợp (chế độ I, chế độ II) và nhiệt luyện thông thường (chế độ III).

Chế độ I: (Nhiệt luyện phức hợp nguội dầu sau ram như hình 1) Mẫu được tôi ở 1250 °C trong dầu, sau đó được nung tôi phức hợp theo quy trình: nung đến nhiệt độ cận tới hạn 750 °C, giữ nhiệt trong 2 h. Sau đó, mẫu được nung tiếp từ 750 °C đến 870 °C với tốc độ 1 – 2 °C/phút và được giữ nhiệt 30 phút tại 870 °C, trước khi làm nguội trong dầu. Sau đó, mẫu được ram ở 550 °C trong 4 h và làm nguội trong dầu.

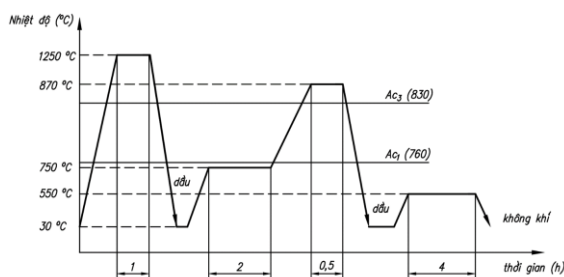
Chế độ II: (Nhiệt luyện phức hợp nguội không khí sau ram như hình 2) Tiến hành tương tự như ở chế độ I, chỉ khác ở môi trường làm nguội sau ram là không khí.

Chế độ III: (Nhiệt luyện hóa tôi thông thường, nguội dầu sau ram như hình 3) Mẫu được

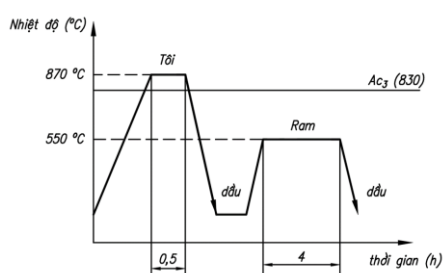
nung tôi ở 870 °C, giữ nhiệt 30 phút và làm nguội trong dầu. Sau đó, mẫu được ram ở 550 °C trong 4 h và làm nguội trong dầu.



Hình 1. Chế độ I, quy trình nhiệt luyện phức hợp (nguội dầu khi ram).



Hình 2. Chế độ II, quy trình nhiệt luyện phức hợp (nguội không khí khi ram).



Hình 3. Chế độ III, quy trình nhiệt luyện thông thường.



Hình 4. Các mẫu khảo sát ảnh tổ chức tế vi, mẫu thử kéo và mẫu thử độ dai va đập.

Phôi ban đầu là phôi thép dài có đường kính 18 mm, được chia làm 03 nhóm. Các nhóm mẫu được đánh số I, II, III và được nhiệt luyện theo các chế độ I, II, III tương ứng. Các mẫu khảo sát ảnh tổ chức tế vi và đo độ cứng được cắt theo kích thước $\Phi 18 \times 10$. Các mẫu ban đầu ở trạng thái cung cấp; mẫu chế độ nhiệt luyện phức hợp (sau tôi lần 1 ở 1250 °C, nguội dầu; sau nung tôi lần 2 từ 750 °C đến 870 °C, nguội dầu, sau đó ram ở 550 °C, nguội dầu và nguội không khí) và mẫu chế độ nhiệt luyện thông thường (sau tôi ở 870 °C, nguội dầu và sau ram ở 550 °C, nguội dầu) tổng là 21 mẫu. Sau khi nhiệt luyện theo chế độ I, II, III, mẫu thử kéo được gia công cắt theo TCVN 197 - 1: 2014 gồm 06 mẫu và mẫu thử độ dai va đập được gia công cắt theo TCVN 312 - 1: 2007 gồm 06 mẫu (như thể hiện trên hình 4).

2.2. Thiết bị và phương pháp nghiên cứu

Nhóm tác giả đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu và thiết bị nghiên cứu gồm:

1) *Phương pháp phân tích quang phổ phát xạ*, Máy phân tích quang phổ phân tích thành phần kim loại, Model: ARL 3460, Hãng sản xuất: Thermo Fisher Scientific - Thụy Sĩ đặt tại trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 1 (quatest1) - Tổng Cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng/Bộ Khoa học và Công nghệ.

2) *Phương pháp hiển vi quang học (OM)*, thiết bị sử dụng cho phương pháp này là kính hiển vi Axio Imager A2M do Cộng hòa Liên bang Đức chế tạo, đặt tại Bộ môn Vật liệu & CNVL, Khoa Cơ khí, Học viện KTQS.

3) *Phương pháp đo độ cứng*, thiết bị đo độ cứng máy đo độ cứng TK - 2, đặt tại Bộ môn Vật liệu & CNVL, Khoa Cơ khí, Học viện KTQS.

4) *Phương pháp thử kéo*, thiết bị máy sinh lực vạn năng MTS 505.60, đặt tại Bộ môn Cơ học vật rắn, Khoa Cơ khí, Học viện KTQS.

5) *Phương pháp thử độ dai va đập*, thiết bị JB30, đặt tại Bộ môn Cơ học vật rắn, Khoa Cơ khí, Học viện KTQS.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát thành phần hoá học của mẫu thép nghiên cứu

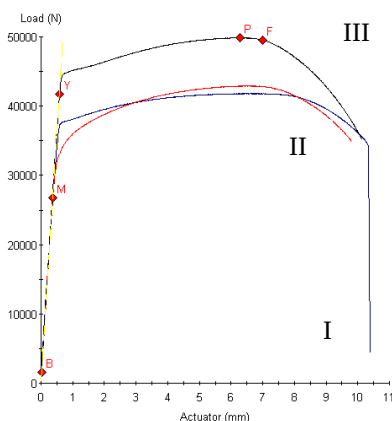
Phân tích thành phần hóa học mẫu thép nghiên cứu kết quả nhận được như bảng 1. Đối chiếu với thành phần của mác thép 30XГC theo tiêu chuẩn GOST 4543 - 71 (Nga) bảng 1, có thể kết luận mẫu thép nghiên cứu là mác thép 30CrMnSi tương đương với mác 30XГC của Nga.

Bảng 1. Thành phần hoá học của mẫu thép nghiên cứu 30CrMnSi, so sánh với mác thép 30XГC theo tiêu chuẩn GOST 4543 - 71 (Nga).

	Hàm lượng các nguyên tố, %							
	C	Cr	Mn	Si	P	S	Cu	Ni
GOST 4543-71	0,28 - 0,34	0,80 - 1,10	0,80 - 1,10	0,90 - 1,20	0,025	0,025	0,30	0,30
Mẫu nghiên cứu	0,29	0,98	1,01	1,11	0,02	0,02	0,20	0,16

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt luyện đến cơ tính của thép 30CrMnSi

Khảo sát cơ tính của mẫu thép 30CrMnSi với các chế độ nhiệt luyện I, II, III cho kết quả thể hiện trên bảng 2, kết quả đường cong thử kéo thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Đường cong thử kéo của mẫu thép 30CrMnSi ở các chế độ nhiệt luyện.

Kết quả từ đường cong thử kéo cho thấy: độ giãn dài tương đối (δ , %) khác biệt nhau không nhiều, nhưng giới hạn bền của mẫu nhiệt luyện thông thường cao hơn so với nhiệt luyện phức hợp khoảng 14,7 %.

Bảng 2. Cơ tính của thép 30CrMnSi sau các chế độ nhiệt luyện.

Chế độ nhiệt luyện	Giới hạn bền σ_b , MPa	Độ giãn dài tương đối δ , %	Độ cứng HRC (*)	Độ dai va đập, MJ/m ² (**)
Chế độ I	815,6	13,75	25 ± 2	0,82
Chế độ II	826,7	11,25	26 ± 2	0,85
Chế độ III	970,3	12,50	32 ± 2	0,43

(*): Giá trị trung bình từ 03 mẫu thử.

(**): Giá trị trung bình từ 02 mẫu thử.

Kết quả cơ tính bảng 2 cho thấy, độ cứng sau ram ở các chế độ nhiệt luyện trong khoảng 25 - 32 HRC. Vì độ cứng thu được là độ cứng tổng hợp của các pha trong tổ chức nên bản chất tổ chức sau nhiệt luyện phức hợp không có sự sai khác nhiều so với nhiệt luyện thông thường.

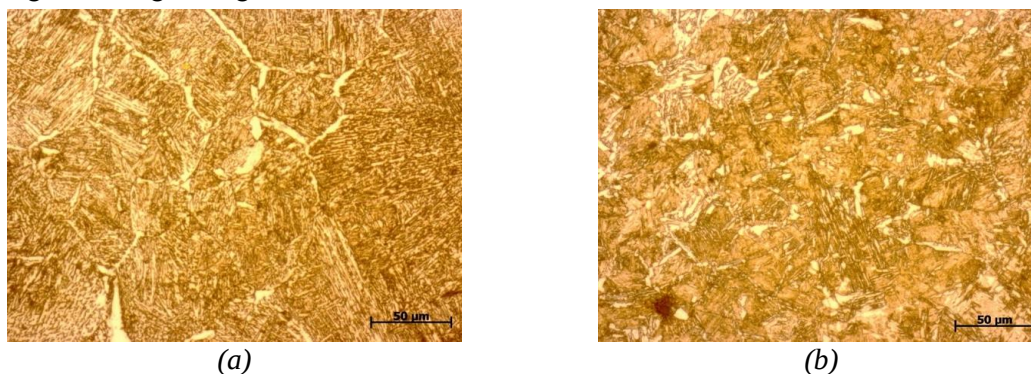
Kết quả thử độ dai va đập (bảng 2) cho thấy ưu điểm của nhiệt luyện phức hợp so với nhiệt luyện thông thường ở cùng chế độ ram. Trong khi nhiệt luyện thông thường cho độ dai va đập ở

nhệt độ thường là $0,43 \text{ MJ/m}^2$, nhệt luyện phức hợp cho độ dai và đập là $0,82\text{-}0,85 \text{ MJ/m}^2$. Như vậy, nhệt luyện phức hợp cho độ dai và đập cao hơn gần gấp 2 lần so với nhệt luyện thông thường khi được ram ở cùng một chế độ.

So sánh chế độ I và chế độ II (cùng nhệt luyện phức hợp nhưng làm nguội khi ram khác nhau) cho thấy cơ tính khác biệt nhau không nhiều, điều này khẳng định nhệt luyện phức hợp có thể ram ngoài không khí (tốc độ làm nguội chậm hơn trong dầu) mà độ bền, độ dai và đập tăng lên, điều này thực sự có ý nghĩa khi nhệt luyện các chi tiết lớn hoặc các chi tiết có hình dạng phức tạp.

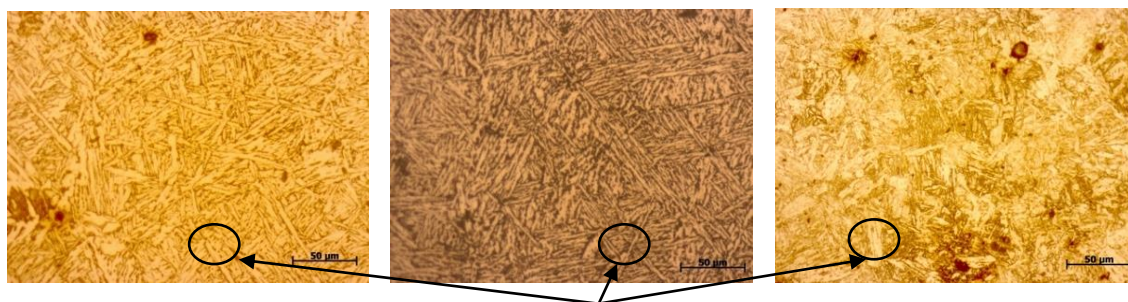
3.3. Ảnh hưởng của nhệt luyện đến tổ chức tế vi của thép 30CrMnSi

Khảo sát tổ chức sau tôi của mẫu thép 30CrMnSi ở chế độ nhệt luyện phức hợp và nhệt luyện thông thường, ảnh tổ chức thể hiện trên hình 6. Có thể nhận thấy được sự khác biệt rõ ràng về hình thái của Mactenxit tôi sau nhệt luyện phức hợp (hình 6a) và nhệt luyện thông thường (hình 6b). Mactenxit tôi sau nhệt luyện phức hợp có dạng hình kim và tạo thành từng bó dài, đây là tổ chức đặc trưng của Mactenxit được nung tôi ở nhệt độ cao với mật độ lệch cao [3-5], còn Mactenxit tôi sau nhệt luyện thông thường có dạng kim to (dạng tấm). Theo tài liệu [6, 7], nhệt luyện phức hợp với tôi lần một ở nhệt độ cao tạo ra mactenxit với mật độ lệch cao, mật độ biên giới siêu hạt rất cao trong cấu trúc. Sau đó, tôi lần hai với giữ nhệt ở vùng nhệt độ cận tới hạn, kết hợp điều khiển tốc độ nung sẽ duy trì hiệu ứng di truyền cấu trúc. Kết quả nhận được là mactenxit sau tôi lần hai có nhiều khuyết tật và quá trình phân rã sau khi ram xảy ra với quãng đường khuếch tán nhỏ hơn. Điều này làm cho các tạp chất gây giòn thép như P, S phân bố đồng đều hơn và quá trình ram tiếp theo cho độ dai và đập cao hơn so với nhệt luyện hoá tốt thông thường mà không cần nguội dầu sau ram [8].



Hình 6. (a) Tổ chức sau tôi của chế độ nhệt luyện phức hợp (tôi lần 1 ở 1250°C + tôi lần 2 ở 870°C); (b) Tổ chức sau tôi ở 870°C của chế độ nhệt luyện thông thường; Độ phóng đại (X200).

Khảo sát tổ chức của mẫu thép 30CrMnSi sau khi nhệt luyện chế độ I, II, III, kết quả ảnh tổ chức sau ram ở 550°C thể hiện trên hình 7. Hình ảnh tổ chức tế vi cho thấy, sau ram cao ở cả ba chế độ nhệt luyện đều thu được tổ chức tế vi xoocbit ram {gồm ferit (mang hình thái khác nhau ở ba chế độ nhệt luyện) + Fe_3C dạng hạt nhỏ mịn, phân tán trên nền ferit} và các hạt cacbit. Tuy nhiên, các hạt Fe_3C và hạt cacbit này khó có thể phân biệt được dưới kính hiển vi quang học, muốn phân giải được chúng phải dùng kính hiển vi điện tử. Ảnh tổ chức tế vi của chế độ I và II khá giống nhau, kết quả này phù hợp với cơ tính khá tương đồng của thép 30CrMnSi sau khi nhệt luyện phức hợp chế độ I và II. Ảnh tổ chức tế vi ở chế độ III có sự khác biệt với chế độ I và II. Cụ thể, sau nhệt luyện phức hợp (chế độ I và II) ferit có dạng mảnh và dài, tạo thành từng bó, còn sau nhệt luyện thông thường (chế độ III) ferit có dạng tấm. Điều này giải thích cơ tính có sự khác nhau (đặc biệt là độ dai và đập) của chế độ III (nhệt luyện thông thường) so với chế độ I và II (nhệt luyện phức hợp).



Tổ chức tế vi xeoocbit ram {gồm ferit (mang hình thái khác nhau ở ba chế độ nhiệt luyện) + Fe_3C dạng hạt nhỏ mịn, phân tán trên nền ferit} và các hạt cacbit

Hình 7. Tổ chức sau ram 550 °C, của thép 30CrMnSi với nhiệt luyện chế độ I (bên trái), chế độ II (ở giữa), chế độ III (bên phải), độ phóng đại (X200).

Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu còn gặp khó khăn về việc điều khiển tốc độ nung khi tôi lần hai ở nhiệt độ cận tới hạn (750 °C) nung lên 870 °C, khó khăn trong việc bảo vệ bề mặt ở nhiệt độ cao vì vậy mà chưa phát huy được hết ưu điểm của công nghệ nhiệt luyện phức hợp vào nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã khảo sát tổ chức tế vi, xác định cơ tính (đo độ cứng, độ dai va đập, giới hạn bền kéo, độ giãn dài tương đối) của chế độ nhiệt luyện phức hợp (hai chế độ với ram nguội trong dầu và nguội trong không khí) từ đó so sánh, đánh giá với chế độ nhiệt luyện thông thường (nhiệt luyện hoá tốt), rút ra một số kết luận như sau:

- Kết quả thực nghiệm cho thấy độ dai va đập của thép được cải thiện đáng kể thông qua nhiệt luyện phức hợp. Độ dai va đập cao hơn gần gấp hai lần độ dai va đập của mẫu nhiệt luyện thông thường (nhiệt luyện thông thường cho độ dai va đập là 0,43 MJ/m², nhiệt luyện phức hợp cho độ dai va đập là 0,82 - 0,85 MJ/m²).

- Kết quả xác định cơ tính sau nhiệt luyện chế độ I và chế độ II, cho thấy ưu điểm của nhiệt luyện phức hợp là có thể ram ngoài không khí (giảm được biến dạng cong vênh) mà độ bền vẫn đảm bảo và độ dai vẫn cao hơn so với ram trong dầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nghiêm Hùng “Kim loại học và nhiệt luyện”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000, tr. 283-284; 301.
- [2]. Nghiêm Hùng “Vật liệu học cơ sở”, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000, tr. 180.
- [3]. Phạm Minh Phương, Tạ Văn Thất “Công nghệ nhiệt luyện”, NXB Giáo dục, Hà Nội, 2000.
- [4]. Nguyễn Văn Dương, Phạm Văn Quý, “Nghiên cứu các phương pháp để cải thiện độ bền va đập của thép 40XA”, Tạp chí khoa học công nghệ kim loại, số 85-tháng 8/2019, tr. 46-50.
- [5]. Новиков И.И. “Теория термической обработки металлов”, Металлургия. 1978.
- [6]. Сазонов Ю.Б., Комиссаров А.А., Смирнова Ю.В., Сазонова А.Ю. “Разработка режимов термической обработки для получение мелкозернистой структуры” Металловедение и термическая обработка металлов. 2009. № 5. с. 24-31.
- [7]. СССР. МПК С 21 В 1/78. “Способ термической обработки легированных конструкционных сталей”. Ю.Б.Сазонов; МИСиС (ТУ); заяв. 09.07.86; опубл. 15.09.88 Бюл. №34. 1988. с. 2.
- [8]. Komissarov Alexander, Sazonov Yury, Smirnova Julia, Ozherelkov Dmitriy. “The formation of ultrafine grain structure with nanoscale submicrocrystalline secretions of

carbides in the subcritical temperatures to increase the reliability of structural steels". Book of abstracts of 19-th International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials (ISMANAM-2012). Moscow, 18-22 June, 2012, P. 270;

ABSTRACT

A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF THE IMPACT TOUGHNESS OF 30CrMnSi STEEL BY COMPLEX HEAT TREATMENT TECHNOLOGY

In this paper, research on complex heat treatment technology to improve the impact toughness of 30CrMnSi steel is presented. Microstructure and mechanical properties (hardness, strength, ductility and toughness) of 30CrMnSi steel under the complex heat treatment regime were investigated and compared to the normal heat treatment regime as the basis for evaluating these heat treatment regimes. The experimental results show that the impact toughness of the steel is significantly improved through complex heat treatment. Specifically, complex heat-treated samples give impact toughness nearly twice times higher as normal heat-treated samples. Normal heat-treated samples give an impact toughness of 0.43 MJ/m², complex heat-treated samples give an impact toughness of 0.85 MJ/m².

Keywords: Heat treating; Alloyed steel; Impact toughness; Tempering embrittlement.

Nhận bài ngày 04 tháng 5 năm 2021

Hoàn thiện ngày 23 tháng 6 năm 2021

Chấp nhận đăng ngày 10 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Bộ môn Vật liệu & CNVL, Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự.

**Email:* chiennd@lqdtu.edu.vn.