



Quá trình nghiên cứu, thực nghiệm được triển khai tại Nhà máy cơ khí chính xác Duy Khanh. Ảnh: DK.

LÀM CHỦ CÔNG NGHỆ THIÊU KẾT BỘT KIM LOẠI: Cơ hội mới cho ngành công nghiệp hỗ trợ Việt Nam

“

Trong bối cảnh Việt Nam thúc đẩy phát triển công nghiệp hỗ trợ và tăng tỷ lệ nội địa hóa, việc xây dựng được quy trình công nghệ chế tạo tiên tiến đang trở thành yêu cầu cấp thiết. Mới đây, các kỹ sư tại Công ty TNHH Cơ khí Duy Khanh đã nghiên cứu thành công công nghệ dập ép bột kim loại và thiêu kết (Sintering), chế tạo nhiều chi tiết máy chính xác đạt tiêu chuẩn và cơ tính theo yêu cầu kỹ thuật. Thành quả này mở ra cơ hội để doanh nghiệp Việt tham gia sâu hơn vào chuỗi cung ứng của các ngành công nghiệp công nghệ cao.

”

Khoảng trống của công nghiệp hỗ trợ Việt Nam

Nếu nhìn vào chuỗi cung ứng của các tập đoàn lớn đang hoạt động tại Việt Nam như Nidec, LG Electronics, Schaeffler, VinFast, Piaggio hay Techtronic Industries (TTI), có thể thấy một thực tế khá rõ, đó là phần lớn linh kiện cơ khí chính xác vẫn phải nhập khẩu từ nước ngoài.

Không phải các doanh nghiệp có vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI) không muốn nội địa hóa. Ngược lại, họ luôn có nhu cầu tìm kiếm nhà cung cấp trong nước để giảm chi phí logistics, rút ngắn thời gian giao hàng, tăng tính linh hoạt của chuỗi cung ứng và tận dụng các ưu đãi chính sách về tỷ lệ nội địa hóa. Tuy nhiên, vấn đề lớn nhất nằm ở năng lực công nghệ của doanh nghiệp nội địa.

Trong lĩnh vực linh kiện cơ khí chính xác, đặc biệt là các chi tiết có yêu cầu cao về độ cứng, độ bền, khả năng chịu tải và độ chính xác kích thước, Việt Nam vẫn thiếu các doanh nghiệp đủ khả năng làm chủ công nghệ lõi. Đó cũng là lý do khiến phần lớn linh kiện sản xuất bằng công nghệ Sintering hiện vẫn phải nhập khẩu từ nước ngoài, kéo theo chi phí cao và thời gian cung ứng dài.

Theo ông Đỗ Phước Tổng, Chủ tịch Hội Doanh nghiệp Cơ khí - Điện TP. Hồ Chí Minh, nhu cầu đối với các sản phẩm ứng dụng công nghệ Sintering tại Việt Nam hiện rất lớn, đặc biệt trong các lĩnh vực ô tô,

điện - điện tử, thiết bị công nghiệp, động cơ điện, thiết bị cầm tay và cơ khí chính xác. Tuy nhiên, do rào cản đầu tư lớn, ít doanh nghiệp trong nước dám tiếp cận công nghệ này. Trong khi đó, đây là công nghệ đòi hỏi hệ thống thiết bị đồng bộ, trình độ thiết kế khuôn chính xác và khả năng kiểm soát quy trình rất nghiêm ngặt. Chỉ cần sai lệch nhỏ ở một công đoạn cũng có thể làm thay đổi hoàn toàn chất lượng sản phẩm.

Xuất phát từ thực tế này, Sở Khoa học và Công nghệ TP. Hồ Chí Minh đã đặt hàng Công ty TNHH Cơ khí Duy Khanh thực hiện nhiệm vụ “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ dập ép bột kim loại và thiêu kết để sản xuất chi tiết máy chính xác”. Việc thực hiện thành công nhiệm vụ này đã mở ra cơ hội làm chủ công nghệ thiêu kết bột kim loại.

Công nghệ “không phổi” của nền sản xuất hiện đại

Trên thế giới, công nghệ luyện kim bột và thiêu kết đã phát triển mạnh trong nhiều thập niên và trở thành nền tảng của ngành công nghiệp hỗ trợ hiện đại. Về nguyên lý, công nghệ Sintering gồm ba bước chính: trộn bột kim loại theo tỷ lệ xác định; dập ép bột trong khuôn dưới áp suất lớn để tạo hình chi tiết; đưa sản phẩm vào lò thiêu kết ở nhiệt độ cao trong môi trường khí bảo vệ, để các hạt kim loại liên kết với nhau, hình thành chi tiết hoàn chỉnh.

Đây là công nghệ có mức độ phức tạp rất cao. Bởi trong toàn bộ quá trình, các thông số như thành phần



Sản phẩm bạc xốp tự bôi trơn được nhóm thiết kế, chế tạo. Ảnh: Nhóm nghiên cứu.

vật liệu, áp suất ép, nhiệt độ thiêu kết, thời gian giữ nhiệt, môi trường khí bảo vệ hay tốc độ làm nguội đều phải được kiểm soát chính xác. Ưu điểm nổi bật nhất của công nghệ này là khả năng sản xuất các chi tiết có hình dạng phức tạp với độ chính xác cao mà gần như không cần gia công cắt gọt bổ sung.

Trong gia công cơ khí truyền thống, để tạo ra một chi tiết máy, doanh nghiệp thường phải cắt bỏ lượng lớn vật liệu từ phôi ban đầu, gây lãng phí nguyên liệu và phát sinh nhiều chất thải công nghiệp. Trong khi đó, công nghệ Sintering gần như không tạo phoi, vật liệu được sử dụng gần như tối đa. Đây cũng là lý do công nghệ này được xem là một trong những giải pháp sản xuất, thân thiện môi trường của ngành cơ khí hiện đại.

Không chỉ tiết kiệm vật liệu, công nghệ Sintering còn cho phép sản xuất hàng loạt với độ lặp lại rất cao. Khi đã xác lập được bộ thông số tối ưu, các sản phẩm tạo ra gần như đồng nhất về kích thước và cơ tính, đây là điều kiện đặc biệt quan trọng đối với ngành ô tô, điện tử và thiết bị công nghiệp.

Ở các quốc gia công nghiệp phát triển, hàng tỷ chi tiết máy được sản xuất mỗi năm bằng công nghệ Sintering, từ bánh răng hộp số ô tô, bạc đạn, chi tiết truyền động cho đến các linh kiện điện tử có kích thước siêu nhỏ. Tuy nhiên, để đạt được độ chính xác và độ ổn định đó là cả một quá trình nghiên cứu, thử nghiệm và tối ưu hóa phức tạp.

Từ lý thuyết đến dây chuyền sản xuất thực tế

Toàn bộ quá trình nghiên cứu được triển khai tại Nhà máy cơ khí chính xác Duy Khanh ở Khu Công nghệ cao TP. Hồ Chí Minh, với hệ thống thiết bị được đầu tư đồng bộ gồm máy trộn bột kim loại, máy dập ép có lực ép 10-300 tấn, lò thiêu kết băng tải liên tục, lò xử lý hơi cùng nhiều thiết bị đo kiểm chuyên dụng.

Nhóm nghiên cứu lựa chọn 6 nhóm chi tiết máy đại diện cho nhiều cấp độ phức tạp khác nhau để tiến hành thử nghiệm, gồm: bạc xỏ tự bôi trơn, bánh răng thẳng một tầng, bánh răng thẳng hai tầng, bánh răng bất đối xứng, vòng răng trong và chi tiết máy dạng khối. Với từng dòng sản phẩm, nhóm thay đổi có kiểm soát các thông số công nghệ như thành phần bột kim loại, áp lực ép, nhiệt độ thiêu kết, tốc độ băng tải, thời gian giữ nhiệt hay môi trường khí bảo vệ.

Sau mỗi mẻ sản xuất, sản phẩm được đo lường chi tiết về mật độ vật liệu, độ xốp, độ cứng, độ đồng trục, kích thước hình học và các chỉ tiêu cơ tính khác. Toàn bộ dữ liệu được xử lý bằng các phương pháp thống kê, hồi quy nhằm xác định mối quan hệ giữa các biến đầu vào với chất lượng sản phẩm đầu ra. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp Taguchi, một kỹ thuật tối ưu hóa thực nghiệm được sử dụng phổ biến trong công nghiệp hiện đại, để xác định bộ thông số công nghệ phù hợp nhất cho quá trình dập ép và thiêu kết. Phương pháp này cho phép giảm số lượng thử nghiệm, nhưng vẫn đánh giá chính xác mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố công nghệ đến chất lượng sản phẩm đầu ra.

Chính nhờ lượng dữ liệu tích lũy trong quá trình thực nghiệm, nhóm đã xây dựng được bộ thông số công nghệ tối ưu cho từng dòng sản phẩm, tạo nền tảng cho sản xuất hàng loạt trong tương lai.

Làm chủ thiết kế khuôn - khâu khó nhất của công nghệ

Trong công nghệ Sintering, khuôn dập ép được xem là “trái tim” của toàn bộ dây chuyền sản xuất. Nếu thiết kế khuôn không chính xác, sản phẩm sẽ không đạt độ đồng đều, dễ nứt vỡ hoặc sai lệch kích thước sau thiêu kết. Đặc biệt, đối với các chi tiết có hình học phức tạp như rãnh âm, bánh răng bất đối xứng hay các cấu trúc nhiều tầng, bài toán thiết kế khuôn càng trở nên khó khăn hơn. Đây cũng là lý do khiến nhiều doanh nghiệp trong nước, dù có thiết bị vẫn không thể triển khai sản xuất các sản phẩm Sintering phức tạp.

Một trong những thành tựu đáng chú ý của đề tài là nhóm nghiên cứu đã phát triển thành công giải pháp khuôn có slide trượt để chế tạo các chi tiết có rãnh âm - dạng chi tiết vốn rất khó tạo hình bằng phương pháp ép thông thường. Giải pháp này cho phép tạo hình trực tiếp chi tiết ngay trong quá trình ép, mà không cần gia công bổ sung sau thiêu kết, giúp giảm đáng kể chi phí sản xuất và tăng độ chính xác.

Sau quá trình nghiên cứu và thử nghiệm, nhóm đã chế tạo thành công 60 mẫu thử chi tiết máy. Trong đó, bạc xỏ tự bôi trơn đạt mật độ 6,0-6,5 g/cm³, độ xốp từ 15-25%, hàm lượng dầu bôi trơn 10-15%, độ cứng tế vi bề mặt 450-600 HV0.2. Bánh răng thẳng một tầng



Sản phẩm bánh răng thẳng hai tầng do nhóm nghiên cứu chế tạo. Ảnh: Nhóm nghiên cứu.

và hai tầng đạt mật độ 7,0-7,2 g/cm³, độ cứng 30-35 HRC (thang đo độ cứng Rockwell), riêng bánh răng hai tầng đạt độ bền nén răng 400-450 kgf (kilôgam lực). Đối với bánh răng bất đối xứng, đây là dòng sản phẩm có yêu cầu công nghệ rất cao, sản phẩm đạt độ cứng từ 31-45 HRC cùng mật độ vật liệu ổn định.

Trong khi đó, chi tiết máy dạng khối đạt độ cứng bề mặt tế vi lên tới 700-850 HV0.2 (độ cứng Vickers tải trọng nhỏ), cho thấy khả năng thay thế các linh kiện nhập khẩu chịu tải cao. Kết quả này cho thấy, nhóm nghiên cứu đã làm chủ được nhiều khâu cốt lõi của công nghệ Sintering, từ thiết kế khuôn, lựa chọn vật liệu đến tối ưu hóa quy trình thiêu kết. Quan trọng hơn, toàn bộ quy trình đã được triển khai trên dây chuyền công nghiệp thực tế, chứ không chỉ dừng ở mô hình thử nghiệm.

Cơ hội lớn cho ngành công nghiệp hỗ trợ

Hiện nay, các doanh nghiệp FDI tại Việt Nam đang có nhu cầu rất lớn về linh kiện cơ khí chính xác sản xuất trong nước nhằm tăng tỷ lệ nội địa hóa. Theo nhóm nghiên cứu, nhiều doanh nghiệp như TTI, Nidec, LG Electronics Việt Nam, Schaeffler, VinFast, Trường Hải, AsiaVina, Vinawind hay JAT Autoparts đều đang tìm kiếm nhà cung cấp linh kiện ứng dụng công nghệ Sintering. Điều này mở ra cơ hội rất lớn cho doanh nghiệp Việt Nam nếu làm chủ được công nghệ.

Không chỉ mang lại giá trị kinh tế, việc phát triển công nghệ Sintering còn có ý nghĩa chiến lược đối với ngành công nghiệp hỗ trợ Việt Nam. Khi tỷ lệ nội địa hóa linh kiện tăng lên, doanh nghiệp trong nước sẽ giảm được sự phụ thuộc vào nguồn cung nước ngoài, đồng thời nâng cao khả năng tham gia chuỗi cung ứng toàn cầu. Đây cũng là hướng đi giúp Việt Nam từng bước chuyển từ vai trò gia công sang làm chủ các công đoạn có giá trị gia tăng cao hơn trong ngành công nghiệp chế tạo.

Bên cạnh đó, công nghệ Sintering còn tạo ra nhu cầu lớn về nguồn nhân lực kỹ thuật cao như kỹ sư vật liệu, kỹ sư luyện kim bột, chuyên gia thiết kế khuôn và chuyên gia kiểm soát quy trình công nghệ. Đây là nền tảng quan trọng để thúc đẩy hoạt động nghiên cứu và phát triển (R&D). Đồng thời, công nghệ này cũng thúc đẩy liên kết giữa doanh nghiệp với các viện nghiên cứu, trường đại học trong nước.

Trong bối cảnh chuỗi cung ứng toàn cầu đang tái cấu trúc, việc doanh nghiệp Việt từng bước làm chủ công nghệ Sintering cho thấy năng lực sản xuất trong nước đang được nâng lên. Đây có thể trở thành nền tảng để doanh nghiệp cơ khí Việt Nam tham gia sâu hơn vào các công đoạn có giá trị gia tăng cao trong ngành công nghiệp chế tạo ✍

Kiều Anh