

## Pengaruh Energizer Kerang Dara, Kerang Hijau, dan Kerang Tiram terhadap Kekerasan Perkakas Potong HSS pada Proses Powder Nitriding

Hendra Setyawan, Winda Sri Jaman, Muhammad Luthfi Sonjaya, Tito Alfarizi

Teknologi Mesin Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten

Email: [hendra.setyawan@poltek-petrokimia.ac.id](mailto:hendra.setyawan@poltek-petrokimia.ac.id)

### ABSTRAK

Perkakas potong dari High-Speed Steel (HSS) memiliki peran krusial dalam industri manufaktur, terutama dalam proses pemotongan dan pembentukan material. Kekerasan dan ketahanan aus dari perkakas potong sangat mempengaruhi efisiensi dan kualitas produksi. Proses nitriding adalah metode yang umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik HSS, dengan tujuan meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan aus melalui difusi nitrogen ke dalam material. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan bahan alami sebagai energizer dalam proses powder nitriding, khususnya cangkang kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram. Bahan-bahan ini kaya akan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan mineral lain yang dapat memperkuat hasil nitriding. Sampel HSS tanpa perlakuan nitridasi memiliki kekerasan dasar 784,73 HVN, digunakan sebagai baseline untuk mengevaluasi efektivitas proses nitriding dengan energizer kerang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua jenis kerang mampu meningkatkan kekerasan HSS, dengan cangkang kerang tiram memberikan peningkatan tertinggi hingga 71,6% (1346,47 HVN) pada suhu 600°C selama 3 jam. Kerang hijau menunjukkan stabilitas kekerasan yang baik di berbagai kondisi, sedangkan kerang dara mengalami penurunan kekerasan pada suhu tinggi, akibat over-diffusion nitrogen. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan energizer cangkang kerang, terutama kerang tiram pada proses powder nitriding, dapat meningkatkan kekerasan HSS secara signifikan.

**Kata kunci:** HSS, Powder Nitriding, Energizer, Cangkang kerang, Kekerasan material.

### ABSTRACT

*Cutting tools made from High-Speed Steel (HSS) play a crucial role in the manufacturing industry, particularly in material cutting and forming processes. The hardness and wear resistance of cutting tools significantly impact production efficiency and quality. Nitriding is a widely used method to enhance the mechanical properties of HSS by increasing surface hardness and wear resistance through nitrogen diffusion into the material. This study explores the use of natural materials as energizers in the powder nitriding process, specifically shellfish shells from cockles, green mussels, and oysters. These materials are rich in calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) and other minerals that can enhance nitriding outcomes. HSS samples without nitriding treatment exhibited a baseline hardness of 784.73 HVN, serving as a reference for evaluating the effectiveness of the nitriding process with shell energizers. The results show that all types of shellfish significantly increase HSS hardness, with oyster shells achieving the highest improvement of up to 71.6% (1346.47 HVN) at 600°C for 3 hours. Green mussel shells demonstrated good hardness stability across various conditions, while cockle shells showed a decrease in hardness at higher temperatures due to nitrogen over-diffusion. The study concludes that utilizing shellfish shells, particularly oyster shells, as energizers in the powder nitriding process can significantly enhance HSS hardness.*

**Keywords:** High-Speed Steel (HSS), Powder Nitriding, Energizer, Shellfish shell, Material hardness.

## PENDAHULUAN

Perkakas potong yang terbuat dari HSS (High-Speed Steel) memiliki peranan penting dalam industri manufaktur, terutama dalam proses pemotongan dan pembentukan material. Kekerasan dan ketahanan aus dari perkakas potong sangat mempengaruhi efisiensi dan kualitas hasil produksi (Mamontov et al., 2023). Salah satu metode yang umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik HSS adalah proses nitriding, yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan aus melalui difusi nitrogen ke dalam struktur material (Skobir Balantič et al., 2023).

Dalam upaya untuk meningkatkan efektivitas proses nitriding, penggunaan bahan tambahan atau energizer menjadi perhatian khusus (Rahayu et al., 2017). Bahan-bahan alami, seperti kerang, telah menunjukkan potensi sebagai sumber energizer yang dapat meningkatkan hasil nitriding (Rahardjo, 2008; Rahayu et al., 2017). Kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram merupakan jenis kerang yang kaya akan kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan mineral lainnya, yang dapat berkontribusi pada peningkatan kekerasan HSS setelah proses nitriding (Rahayu et al., 2017).

Berbagai penelitian tentang pengerasan permukaan baja kecepatan tinggi (high-speed steel atau HSS) telah dilakukan dengan menggunakan teknik powder nitriding. Sri Rahayu (2017) meneliti pengaruh proses powder nitriding terhadap perubahan kekerasan dan ketebalan lapisan difusi pada pahat bubut HSS. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kekerasan permukaan tertinggi sebesar 876,94 HV dicapai pada suhu 560°C dengan waktu penahanan 1 jam, yang merupakan peningkatan sebesar 22% dibandingkan material awal 720 HV (Rahayu et al., 2017).

Selain itu, Trisbenheiser (2020) meneliti pengaruh proses nitriding terhadap perubahan kekerasan dan keausan permukaan baja St 40 dengan variasi waktu dan suhu. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 116,30 kg/mm<sup>2</sup> HB pada suhu 550°C dengan waktu penahanan 5 jam. Pengujian keausan menunjukkan bahwa peningkatan waktu penahanan berbanding lurus dengan kekerasan spesimen. Analisis struktur mikro menunjukkan peningkatan jumlah fasa perlit pada spesimen setelah nitriding, di mana peningkatan suhu pemanasan menghasilkan lebih banyak fasa perlit dan peningkatan kedalaman difusi (Trisbenheiser, 2020).

Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus membahas pengaruh energizer limbah biota laut, seperti kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram, dalam proses powder nitriding. Penelitian ini menawarkan pendekatan inovatif dengan memanfaatkan bahan alami sebagai alternatif energizer untuk meningkatkan kekerasan dan performa perkakas potong HSS secara lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penggunaan energizer dari kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram terhadap nilai kekerasan perkakas potong HSS yang telah melalui proses powder nitriding. Dengan memahami pengaruh ini, diharapkan dapat ditemukan metode yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam meningkatkan performa perkakas potong, serta memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi material di industri manufaktur.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai pemanfaatan bahan alami dalam proses nitriding, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam pengembangan material yang lebih berkelanjutan dan efisien.

## METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang melibatkan proses powder nitriding pada pahat bubut HSS dengan menggunakan energizer kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram. Setelah proses nitriding, material yang telah diperlakukan akan menjalani pengujian, termasuk uji kekerasan untuk mengevaluasi perubahan sifat mekaniknya. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan seberapa efektif proses nitriding dalam meningkatkan kekerasan dan daya tahan pahat bubut HSS, serta membandingkan hasilnya berdasarkan jenis energizer yang digunakan.

### Media Nitridasi dan Energizer

Dalam penelitian ini, spesimen uji berupa pahat bubut HSS berbentuk batangan berukuran 100 mm x 6 mm x 6 mm dapat dilihat pada Gambar 1. Proses nitridasi menggunakan serbuk urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) sebagai sumber nitrogen murni dan energizer bubuk cangkang kerang untuk mempercepat pembentukan gas nitrogen dalam teknik powder nitriding, energizer yang digunakan yaitu: bubuk cangkang kerang dara, bubuk cangkang kerang tiram, dan bubuk cangkang kerang hijau.



Gambar 1. Spesimen HSS

### Proses Powder nitriding

Proses powder nitriding dimulai dengan menyiapkan furnace dan mengatur suhu pada tiga tingkat yang berbeda, yaitu 500°C, 550°C, dan 600°C. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses menyiapkan furnace dan mengatur suhu

Sampel baja karbon HSS ditempatkan di dalam box nitridasi. Serbuk ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) dan energizer ditaburkan secara merata di sekitar sampel baja untuk memastikan difusi nitrogen yang optimal selama proses nitriding, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penempatan HSS di dalam box nitridasi yang telah diberikan serbuk ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) dan energizer

Setelah itu, box nitridasi dimasukkan ke dalam furnace, proses ini dapat dilihat pada Gambar 4. Proses nitriding dijalankan dengan variasi waktu penahanan (holding time) selama 1, 2, dan 3 jam, detail variasi proses powder nitriding pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses powder nitriding

Sample	Variasi		
	Energizer	Temperature	Holding Time
0	-	-	-
1	Kerang Dara	500°C	1 Jam
2	Kerang Dara	550°C	2 Jam
3	Kerang Dara	600°C	3 Jam
4	Kerang Hijau	500°C	1 Jam
5	Kerang Hijau	550°C	2 Jam
6	Kerang Hijau	600°C	3 Jam
7	Kerang Tiram	500°C	1 Jam
8	Kerang Tiram	550°C	2 Jam
9	Kerang Tiram	600°C	3 Jam

Proses ini bertujuan untuk memodifikasi sifat permukaan baja karbon HSS melalui difusi nitrogen, meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus.



**Gambar 4.** Box nitridasi di dalam furnace

Setelah dilakukan proses powder nitriding sesuai variasi parameter yang telah ditentukan, kemudian sampel dikeluarkan dari furnace dan didinginkan secara perlahan dengan udara, sebagaimana terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Sampel setelah proses powder nitriding

#### **Pengujian dan Analisis**

Pengujian komposisi dilakukan menggunakan

spektrometer untuk menentukan kandungan elemen-elemen utama pada spesimen High-Speed Steel (HSS). Analisis komposisi ini bertujuan untuk memastikan bahwa material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi dan memiliki elemen-elemen yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material setelah proses powder nitriding (Beer et al., 2005; Vafin et al., 2022).

Spektrometer memberikan hasil yang akurat mengenai konsentrasi elemen seperti karbon, kromium, vanadium, dan molibdenum yang berperan penting dalam pembentukan lapisan nitrida dan peningkatan sifat kekerasan serta ketahanan aus.

Uji kekerasan juga dilakukan untuk memastikan perubahan karakter dari HSS setelah dilakukan proses powder nitriding. Uji kekerasan dilakukan dengan metode Micro Vickers menggunakan beban uji sebesar 500 gf dan waktu tunda (dwell time) selama 10 detik. Dalam pengujian ini, sebuah piramida berlian dengan sudut puncak tertentu ditekan pada permukaan spesimen. Setelah beban diangkat, ukuran diagonal dari jejak indentasi diukur menggunakan mikroskop optik. Kekerasan Vickers (HV) dihitung menggunakan rumus:

$$HV = \frac{1.854 \times F}{d^2} \quad (1)$$

Dimana HV : nilai kekerasan Vickers, F : beban uji (gf), dan d : panjang rata-rata diagonal dari jejak indentasi ( $\mu\text{m}$ ). Proses pengujian dilakukan pada beberapa titik permukaan spesimen untuk memperoleh distribusi kekerasan yang merata dan mengevaluasi efek energizer powder nitriding terhadap peningkatan kekerasan material.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Uji Komposisi**

Data analisis komposisi menggunakan spektrometer dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap elemen dalam High-Speed Steel (HSS) memainkan peran penting dalam menentukan sifat material (Hu et al., 2019). Berikut adalah pembahasan mendetail untuk setiap elemen:

**Tabel 2.** Hasil uji komposisi HSS

Elemen HSS			
Fe 88,9 %	C 0,848 %	Si 0,864%	Mn 0,353 %
P 0,0320 %	Cr 5,09 %	Mo 1,25 %	Ni 0,0848 %
Al 0,0225 %	Co 0,129 %	Cu 0,075 %	Nb 0,0056 %
Ti 0,0237 %	V 0,600 %	W 1,67 %	Sn 0,0080 %

Proses powder nitriding memanfaatkan elemen-elemen paduan seperti kromium, molibdenum, vanadium, dan tungsten, yang membentuk senyawa nitrida keras pada permukaan material (Beer et al., 2005; Vafin et al., 2022). Penggunaan bahan alami sebagai energizer pada proses powder nitriding seperti serbuk kerang dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan aus melalui difusi nitrogen ke dalam material (Rahayu et al., 2017).

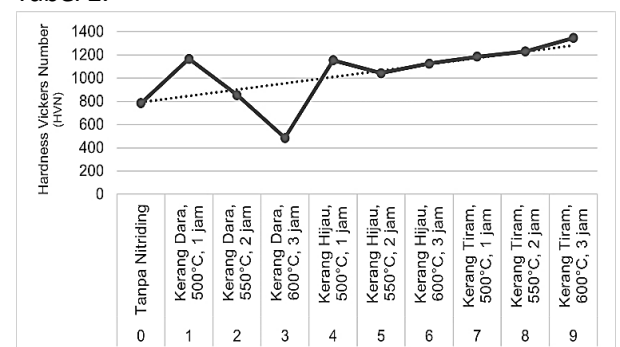
Karbida yang terbentuk dari elemen-elemen paduan ini memperkuat efek nitridasi, sehingga meningkatkan umur pakai perkakas potong (Trisbenheiser, 2020). Dengan demikian, komposisi HSS yang kaya elemen paduan ini menunjukkan potensi tinggi untuk mendapatkan manfaat signifikan dari proses nitridasi, terutama jika menggunakan energizer bahan yang ramah lingkungan seperti serbuk kerang (Schulz et al., 2020).

### Uji Kekerasan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh energizer pada proses powder nitriding menggunakan bahan alami dari kerang terhadap kekerasan dan kualitas material tool steel HSS. Nitridasi bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan material, yang berimplikasi pada umur pakai perkakas potong (Zhou et al., 2023). Tiga jenis kerang digunakan

sebagai energizer: kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram. Variasi parameter suhu dan waktu nitridasi juga dieksplorasi untuk menentukan kondisi optimal (Rahardjo, 2008; Rahayu et al., 2017).

Hasil pengujian kekerasan material yang diuji menggunakan Hardness Vickers Number (HVN) dapat dilihat pada Gambar 6, detail keterangan variasi sampel dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 6.** Hasil uji kekerasan

Sampel tanpa perlakuan nitridasi di tunjukkan oleh sampel bernomorasi 0 memiliki kekerasan dasar sebesar 784,73 HVN. Nilai ini menjadi baseline untuk membandingkan efek perlakuan nitridasi terhadap peningkatan kekerasan material HSS.

Pengaruh energizer kerang dara dapat dilihat pada sampel bernomorasi 1, 2, dan 3. Sampel yang menggunakan energizer kerang dara dengan suhu 500°C dan holding time 1 jam, kekerasan meningkat signifikan menjadi 1166,53 HVN, atau naik sekitar 48,7% dibandingkan baseline. Pada suhu 550°C selama 2 jam, kekerasan menurun menjadi 855,31 HVN, meskipun masih lebih tinggi dari baseline. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh proses over-difusi nitrogen, di mana struktur mikro material mengalami pelunakan (Tang et al., 2019; Zhou et al., 2023). Pada suhu 600°C selama 3 jam, kekerasan turun drastis menjadi 484,37 HVN, bahkan lebih rendah dari baseline. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kerang dara kurang efektif pada suhu tinggi dan waktu perlakuan yang lama (Zhou et al., 2023).

Energizer kerang Hijau dapat dilihat pada sampel bernomorasi 4, 5, dan 6. Pada suhu 500°C

selama 1 jam, kekerasan mencapai 1153,58 HVN, naik sekitar 47% dari baseline. Hasil ini hampir setara dengan kerang dara pada suhu yang sama. Pada suhu 550°C selama 2 jam, kekerasan sedikit menurun menjadi 1042,15 HVN, tetapi tetap lebih tinggi dari baseline. Penurunan ini lebih moderat dibandingkan kerang dara. Pada suhu 600°C selama 3 jam, kekerasan kembali meningkat menjadi 1124,93 HVN, menunjukkan bahwa kerang hijau memiliki kestabilan kekerasan yang lebih baik pada suhu tinggi dibandingkan kerang dara (Rahardjo, 2008).

Energizer kerang Tiram dapat dilihat pada sampel bernomor 7, 8, dan 9. Pada suhu 500°C selama 1 jam, kekerasan mencapai 1185,28 HVN, naik sekitar 51% dari baseline, menjadikannya hasil terbaik dibandingkan jenis kerang lainnya pada kondisi yang sama. Pada suhu 550°C selama 2 jam, kekerasan meningkat lebih lanjut menjadi 1228,80 HVN, menunjukkan kemampuan difusi nitrogen yang lebih baik (Rahayu et al., 2017). Pada suhu 600°C selama 3 jam, kerang tiram memberikan hasil tertinggi dengan kekerasan 1346,47 HVN, atau sekitar 71,6% lebih tinggi dibandingkan baseline. Ini menandakan bahwa kerang tiram sangat efektif sebagai energizer pada suhu dan durasi nitridasi yang lebih tinggi (Rahardjo, 2008; Rahayu et al., 2017).

## KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa perlakuan nitridasi menggunakan energizer cangkang kerang mampu meningkatkan kekerasan material HSS secara signifikan, dengan hasil yang sangat dipengaruhi oleh jenis kerang sebagai energizer (Sklizkov et al., 2023). Energizer dengan cangkang kerang tiram menunjukkan hasil terbaik, dengan peningkatan kekerasan hingga 71,6% pada suhu 600°C selama 3 jam. Kerang tiram juga konsisten memberikan hasil superior pada berbagai suhu dan durasi perlakuan, menjadikannya pilihan optimal untuk

perlakuan nitridasi. Energizer kerang hijau menunjukkan stabilitas kekerasan yang baik di berbagai kondisi, meskipun tidak seefektif kerang tiram. Sebaliknya, kerang dara menunjukkan penurunan performa signifikan pada suhu tinggi, yang diindikasikan sebagai efek over-diffusion nitrogen yang menyebabkan pelunakan material. Efektivitas proses nitridasi sangat dipengaruhi oleh kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan senyawa nitrogen dalam cangkang kerang, dengan kerang tiram memiliki kandungan yang lebih tinggi dan difusi yang lebih baik. Oleh karena itu, pemilihan jenis kerang yang tepat serta optimasi parameter suhu dan durasi perlakuan sangat krusial untuk memaksimalkan kekerasan material. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi landasan bagi penelitian lanjutan untuk mengeksplorasi pengaruh energizer terhadap struktur mikro, analisis menggunakan Scanning Electron Microscope SEM dan EDS untuk memverifikasi keberadaan nitrogen atau elemen lainnya yang terlibat dalam proses nitriding, ketahanan terhadap keausan, dan kedalaman lapisan (case depth). Penelitian berikutnya diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait mekanisme difusi nitrogen, pengaruh energizer dari kerang dara, kerang hijau, dan kerang tiram terhadap struktur fasa, serta hubungan antara parameter proses dengan kinerja material HSS. Kesimpulannya, penggunaan cangkang kerang sebagai energizer dalam proses powder nitriding memberikan potensi besar untuk meningkatkan kekerasan material HSS dengan cara yang ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

Beer, P., Rudnicki, J., Bugliosi, S., Sokołowska, A., & Wnukowski, E. (2005). Low temperature ion nitriding of the cutting knives made of HSS. *Surface and Coatings*

- Technology*, 200(1-4 SPEC. ISS.).  
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.02.031>
- Hu, L., Peng, H., Baker, I., Li, L., Zhang, W., & Ngai, T. (2019). Characterization of high-strength high-nitrogen austenitic stainless steel synthesized from nitrided powders by spark plasma sintering. *Materials Characterization*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2019.04.005>
- Mamontov, D. V., Sklizkov, I. D., Asylbaev, A. V., & Vafin, R. K. (2023). Study of the effect of asymmetric rolling followed by ion nitriding on the hardness and structure of HSS M2 tool steel. *Materials. Technologies. Design*, 5(4) (14). [https://doi.org/10.54708/26587572\\_2023\\_5414126](https://doi.org/10.54708/26587572_2023_5414126)
- Rahardjo, T. (2008). Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Material Dies. *Jurnal Flywheel*, 1(2).
- Rahayu, S., Setiawan, N., Shinta Virdhian, , & Suhendi, E. (2017). Effects Of Powder Nitriding Process To Hardness And Diffusion Layer Depth Of High Speed Steel. In *METAL INDONESIA Journal homepage* (Vol. 39, Issue 1). <http://www.jurnalmetal.or.id/index.php/jmi>
- Schulz, A., Klümper-Westkamp, H., Cui, C., Matthaei-Schulz, E., Uhlenwinkel, V., & Zoch, H. W. (2020). The Use of the Gas Nitriding Process for the Nitridation of Powder for Laser Powder Bed Fusion. *HTM - Journal of Heat Treatment and Materials*, 75(2). <https://doi.org/10.3139/105.110408>
- Sklizkov, I. D., Vafin, R. K., Asylbaev, A. V., & Mamontov, D. V. (2023). Investigation of influence of ion nitriding in the glow discharge with magnetic field on microstructure and microhardness of steel HSS M2 with preliminary plastic deformation. *Materials. Technologies. Design*, 5(3) (13). [https://doi.org/10.54708/26587572\\_2023\\_5313143](https://doi.org/10.54708/26587572_2023_5313143)
- Skobir Balantič, D. A., Donik, Č., Podgornik, B., Kocijan, A., & Godec, M. (2023). Improving the surface properties of additive-manufactured Inconel 625 by plasma nitriding. *Surface and Coatings Technology*, 452. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.129130>
- Tang, J. F., Huang, C. H., Lin, C. Y., Tsai, Y. J., & Chang, C. L. (2019). Effect of plasma nitriding and modulation structure on the adhesion and corrosion resistance of CrN/Cr2O3 coatings. *Surface and Coatings Technology*, 379. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125051>
- Trisbenheiser, T. (2020). Pengaruh Proses Nitriding Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Keausan Permukaan Baja St 40 Dengan Variasi Waktu Dan Suhu. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 18(2). <https://doi.org/10.31963/sinergi.v18i2.2310>
- Vafin, R., Asylbaev, A., Mamontov, D., & Sklizkov, I. (2022). *Study of the influence of plastic deformation of the HSS M2 surface on ion-plasma nitriding in the glow discharge*. <https://doi.org/10.56761/efre2022.c2-p-956001>
- Zhou, Y. L., Xia, F., Xie, A. J., Peng, H. P., Wang, J. H., & Li, Z. W. (2023). A Review—Effect of Accelerating Methods on Gas Nitriding: Accelerating Mechanism, Nitriding Behavior, and

Techno-Economic Analysis. In *Coat-ings* (Vol. 13, Issue 11).

<https://doi.org/10.3390/coatings13111846>