शोध पत्र / Research Paper

एनोवा का उपयोग करके इनकॉनल 600 और 625 मिश्र धातुओं की ड्राई टर्निंग में सतह के खुरदरेपन का प्रायोगिक अध्ययन

Experimental Study of Surface Roughness in Dry Turning of Inconel 600 and 625 alloys using ANOVA

वैशाल जे. बैंकर[1] एवं डॉ. अयनेश वाई. जोशी[2]

Vaishal J. Banker[1] and Dr. Ayanesh Y. Joshi[2]

[1,2]Assistant Professor, Mechanical Engineering Department,
A D Patel Institute of Technology,
The Charutar Vidya Mandal (CVM) University, Anand - 388121, Gujarat, India
me.vaishal@adit.ac.in[1], ayjoshi@adit.ac.in[2]

https://doi.org/10.5281/zenodo.17954362

सारांश

सुपरअलॉय का उपयोग उच्च तापमान और दबाव के महत्वपूर्ण अनुप्रयोगों के लिए किया जाता है। Ni–आधारित सुपरअलॉय यानी Inconel 600 और 625 अपने संक्षारण प्रतिरोध के लिए जाने जाते हैं। वर्तमान अध्ययन आउटपुट प्रतिक्रिया के रूप में सतह की खुरदरापन के साथ इन्हेंल 60 और 625 मिश्र धातुओं की मशीनिंग में शुष्क मोड़ के प्रभावों का मूल्यांकन करता है। इनकॉनल 600 के लिए अधिकतम सतह खुरदरापन तब प्राप्त होता है जब फ़ीड दर (एफआर) 0.20 मिमी/रेव और काटने की गति (सीएस) 75-90 मीटर/मिनट की सीमा में होती है, जबकि इनकॉनल 625 के मामले में अधिकतम सतह खुरदरापन तब प्राप्त होता है जब इनकॉनल 600 के लिए फ़ीड दर (एफआर) 0.14-0.16 मिमी/रेव है और काटने की गति (सीएस) 115 मीटर/मिनट से अधिक है। यह नोट किया गया है कि सतह खुरदरापन (एसआर) फ़ीड दर में वृद्धि के साथ बढ़ता है और इस प्रकार इसे सबसे प्रमुख प्राचल के रूप में सुझाया गया है। एक सांख्यिकीय उपकरण प्रसरण विश्लेषण (एनोवा) के साथ यह पता चला कि सहसंबंध गुणांक (R^2 तथा R^2 (adj)) के मान यह निर्धारित करने के लिए पर्याप्त थे कि विकसित मॉडल पर्याप्त था।

Abstract

Superalloys are used for critical applications of higher temperature and pressure. Ni-based superalloys i.e. Inconel 600 and 625 are known for their corrosion resistance. The present study evaluates the effects of dry turning in machining of Inconel 600 and 625 alloys with surface roughness as the output response. It was noted that surface roughness (SR) improves with the increase of feed rate and thus defining it as most dominant parameter. It was revealed with a statistical tool Analysis-of-Variance (ANOVA), the values of correlation coefficient (R^2 *and* R^2 *(adj)*) were adequate to determine that model developed was adequate.

मुख्य शब्दः इनकॉनल 600; इनकॉनल 625; सतह का खुरदरापन; एनोवा; तागुची विधि।

Key words: Inconel 600; Inconel 625; Surface Roughness; ANOVA; Taguchi Method.

परिचय

इनकॉनल (इंक) मिश्र धातु Ni–आधारित सुपर मिश्र धातु हैं जिनके कई प्रकार के अनुप्रयोग हैं जैसे विमान टरबाइन, स्टीम टरबाइन बिजली संयंत्र, एयरोस्पेस और रासायनिक उद्योग। वे संक्षारण, ऑक्सीकरण, रेंगना और

उच्च तापमान शक्ति के प्रति अपने असाधारण प्रतिरोध के लिए जाने जाते हैं [1]। इनकॉनल 600 और 625 ऐसे मिश्र धातु हैं जिनमें उच्च शक्ति गुण और ऊंचे तापमान के प्रति प्रतिरोध होता है [2]। चूंकि यह काटने में कठिन मिश्र धातु है, इसलिए सतह खुरदरापन (एसआर), एमआरआर, चिप गठन और काटने वाले बल जैसे विभिन्न गुणों की भविष्यवाणी और विश्लेषण के लिए विभिन्न अध्ययन किए जाते हैं। एक अध्ययन में मशीनिंग पर यह देखा गया कि चिप्स काफी लंबे और प्रकृति में निरंतर हैं [3]। अध्ययनों ने संकेत दिया कि एमक्यूएल ने विभिन्न गुणों के लिए सर्वोत्तम मूल्य दिए [4] परिणामों की गुणवत्ता में सुधार के लिए प्रयोगों में कमी के साथ–साथ प्रतिगमन, एनोवा जैसी सांख्यिकीय तकनीकों का भी उपयोग किया जा रहा है [7]। मशीनिंग मापदंडों और उपकरण सामग्री के बीच संबंध स्थापित करने के लिए निकेल मिश्र धातुओं पर CBN उपकरणों का उपयोग करके ड्राई टर्निंग की गई [8-12]। साहित्य सर्वेक्षण से पता चलता है कि ड्राई टर्निंग के लिए बहुत कम काम रिपोर्ट किए गए हैं और वह भी इनकॉनल 600 और 625 मिश्र धातुओं का तुलनात्मक अध्ययन। वर्तमान अध्ययन सूखी मशीनिंग स्थितियों के लिए कटिंग स्पीड (सीएस), फीड रेट (एफआर) और कट की गहराई (डीओसी) जैसे अलग–अलग मापदंडों द्वारा सतह खुरदरापन (एसआर) के अध्ययन पर केंद्रित है।

कार्यप्रणाली

प्रयोग का डिज़ाइन

प्रयोगों की संख्या निर्धारित करने के लिए, MINITAB 21 में पूर्ण फैक्टोरियल को पैरामीटर और उनके निर्धारित स्तरों का उपयोग करके डिज़ाइन किया गया था जैसा कि तालिका 1 [8] में दिखाया गया है। प्रयोगों को डिज़ाइन करने के लिए दो पैरामीटर अलग–अलग स्तरों पर सेट किए गए थे और एक प्राचल स्थिर पर सेट किया गया था।

तालिका 1. प्रायोगिक जांच में प्राचल

कारक	इनपुट पैरामीटर	स्तर 1	स्तर 2	स्तर 3
I	**काटने की गति** (CS) (m/min)	750	1000	1250
II	**फीड दर** (FR) (mm/rev)	0.1	0.15	0.20
III	**कटौती की गइराई** (DOC) (mm)	0.50	0.50	0.50

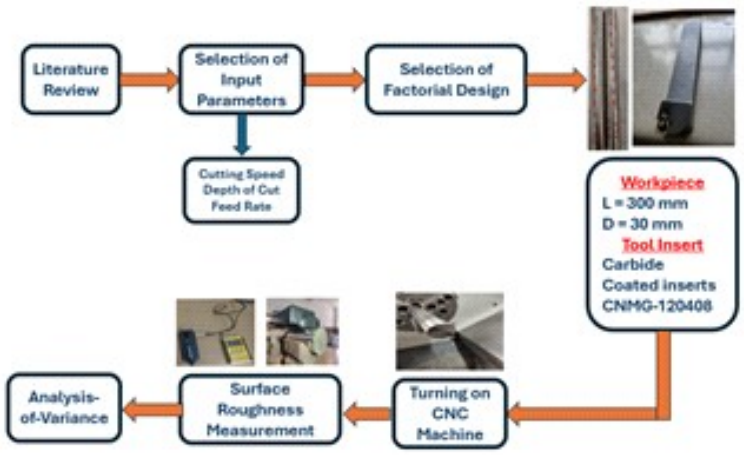
कार्यप्रणाली एवं प्रायोगिक सेटअप

चित्र 1 में वर्णित पद्धति का उपयोग करके प्रयोग किए गए। उपयोग किए गए सीएनसी मशीनिंग केंद्र के विनिर्देश तालिका 2 में वर्णित हैं। प्रयोग के बाद, 2.5 मिमी कट ऑफ लंबाई के साथ मैट्रिक्स सर्फटेस्ट 10 नामक सतह खुरदरापन मापने वाले उपकरण का उपयोग सतह खुरदरापन को मापने के लिए किया गया था जैसा कि चित्र 1[12] में दिखाया गया है।

तालिका 2. सीएनसी मशीन की तकनीकी विशिष्टताएँ

Description	Remark
मशीन मेक	LX20T L5 (LMW)
कंट्रोलन टाइप	फैनुक नियंत्रक (श्रृंखला ओआई–टीएफ)
स्विंग ओवर बेड	510 mm
चक व्यास	210 mm
स्पिंडल स्पीड	3000 rpm
X अक्ष	185 mm

Z अक्ष	560 mm
मशीन का आकार	225*1650*1920 mm
मशीनिंग की स्थिति	शुष्क स्थिति
मशीन का वजन	3300 kg



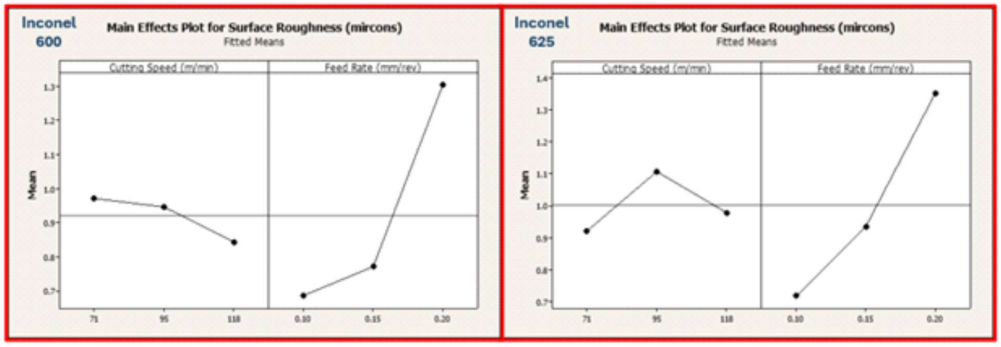
चित्र 1. प्रयोग पद्धति

सतह खुरदरापन के लिए परिणाम

9 प्रयोगों को तालिका 3 में सूचीबद्ध डीओई का उपयोग करके किया गया था। परिणामों का विश्लेषण मिनिटैब 21 सॉफ्टवेयर का उपयोग करके किया गया था। इसके अलावा, मिनिटैब 21 में विकसित 95% के विश्वसनीयता स्तर की सेटिंग के साथ विश्लेषण–विमानन को आउटपुट प्रतिक्रिया के साथ सबसे अधिक प्रभावित प्राचल का निर्धारण करने के लिए उपयोग किया गया था। यह चित्र 2 से स्पष्ट है कि सतह का खुरदरापन 600 के साथ–साथ 625 के साथ–साथ फ़ीड दर के ऊंचे मूल्य के साथ बढ़ता है और कटिंग गति में वृद्धि के साथ कम हो जाता है।

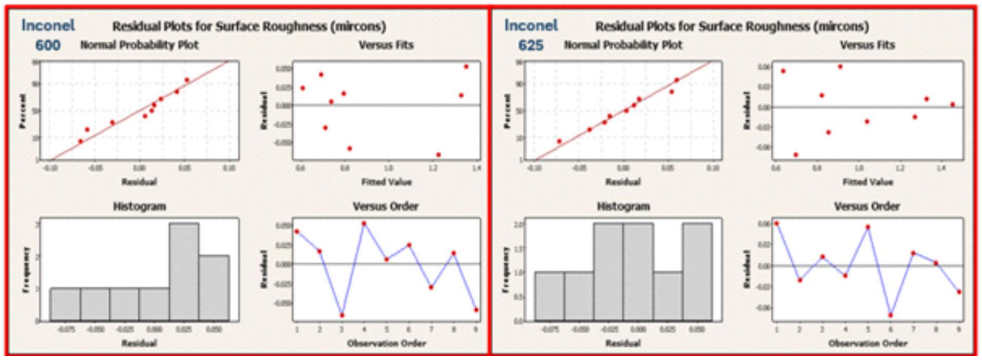
तालिका 3. 600 और 625 मिश्र धातु की सतह खुरदरापन (एसआर) के लिए परिणाम

क्रमांक	काटने की गति (CS) (m/min)	कटौती की गइराई (DOC) (mm)	फीड दर (FR) (mm/rev)	इनकॉनल 600 के लिए एसआर (µm)	इनकॉनल 625 के लिए एसआर (µm)
1	71	0.5	0.10	0.743	0.971
2	71	0.5	0.15	0.763	1.018
3	71	0.5	0.20	1.406	1.340
4	95	0.5	0.10	0.682	1.255
5	95	0.5	0.15	0.813	0.690
6	95	0.5	0.20	1.342	0.623
7	118	0.5	0.10	0.634	0.840
8	118	0.5	0.15	0.736	1.460
9	118	0.5	0.20	1.160	0.815



चित्र 2. इनकॉनल 600 और 625 के लिए मुख्य प्रभाव प्लॉट

अवशिष्ट आरेख जो चित्र 3 में दर्शाए गए हैं, दर्शाते हैं कि रीडिंग सामान्य संभावना के करीब हैं, जो दर्शाता है कि त्रुटियाँ सामान्य रूप से वितरित की गई हैं। तालिका 4 से यह देखा गया है कि अधिकतम f–मान फीड दर का है, जो इसे यूजरफेस खुरदरापन को प्रभावित करने वाले सबसे प्रमुख पैरामीटर के रूप में सुझाता है। इसके अलावा, R^2 और R^2 (adj) मान 80-100% के बीच हैं, जो प्राप्त परिणामों के अच्छे महत्व का सुझाव देते हैं। चित्र 4 में दिखाए गए कंटूर प्लॉट दर्शाते हैं कि इनकॉनल 600 के लिए अधिकतम सतह खुरदरापन तब प्राप्त होता है जब फीड दर (FR) 0.20 मिमी/रेव होता है और काटने की गति (CS) 75-90 मीटर/मिनट की सीमा में होती है, जबकि इनकॉनल 625 के मामले में इनकॉनल 600 के लिए अधिकतम सतह खुरदरापन तब प्राप्त होता है जब फीड दर (FR) 0.14-0.16 मिमी/रेव होती है।

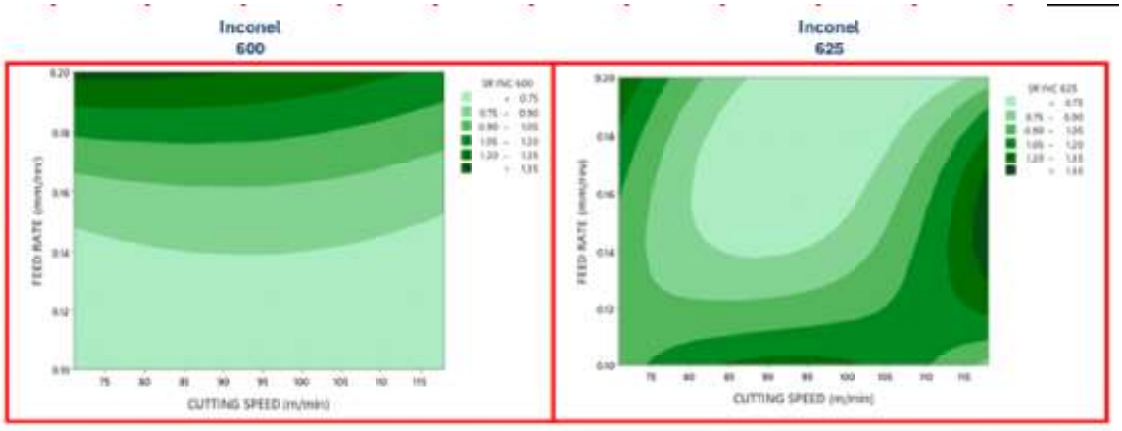


चित्र 3. इनकॉनल 600 और 625 की सतह खुरदरापन के लिए अवशिष्ट प्लॉट

तालिका 4. इनकॉनल 60 और 625 की सतह खुरदरापन (एसआर) के लिए प्रसरण विश्लेषण (एनोवा)

इनकॉनल 600 के लिए एनोवा						
स्रोत	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
काटने की गति (CS) (m/min)	0.02731	18	0.02731	0.01366	3.82	0.118
फीड दर (FR) (mm/rev)	2	0.67000	0.67000	0.33500	93.78	0.000
गलती	4	0.01429	0.01429	0.00357		
कुल	8	0.71160				
S = 0.592893	*R^2 = 97.99%*		*R^2(adj) = 95.98%*			

इनकॉनल 625 के लिए एनोवा						
स्रोत	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
काटने की गति (CS) (m/min)	2	0.05434	0.05434	0.02717	7.68	0.043
फीड दर (FR) (mm/rev)	2	0.62293	0.62293	0.31147	88.05	0.000
गलती	4	0.01415	0.01415	0.00354		
कुल	8	0.69143				
S = 0.0594769	*R^2 = 97.95%*		*R^2(adj) = 95.91%*			



चित्र 4. इनकॉनल 600 और 625 की सतह खुरदरापन के लिए समोच्च रेखाचित्र

निष्कर्ष

वर्तमान कार्य में, इनकॉनल 600 और 625 मिश्र धातुओं की शुष्क मशीनिंग में सतह खुरदरापन पर मशीनेबिलिटी मापदंडों के प्रभाव का अध्ययन करने का प्रयास किया गया था। एनोवा से यह निष्कर्ष निकाला गया कि फीड दर (एफआर) उपयोगकर्ता खुरदरापन (एसआर) पर सबसे अधिक प्रभाव डालने वाला प्राचल था। इनकोनेल 600 के लिए R^2 और R^2 (adj) के मान क्रमशः 97.99% और 95.98% थे, इनकॉनल 625 के लिए 97.95% और 95.91% थे, जो मॉडल और प्रयोग की पर्याप्तता को दर्शाते हैं।

संदर्भ

1. Banker, V. J. and Mistry, J. M. (2015). Wear mode in Inconel alloys-a literature study. Advances in materials and product design (AMPD). Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology (SVNIT), Surat. ISBN, (978-93), 5196-956.
2. Banker, V. J., Mistry, J. M., Thakor, M.R. and Upadhyay, B. H. (2016). Wear behavior in dry sliding of Inconel 600 alloy using Taguchi method and regression analysis. Procedia Technology, 23, 383-390.
3. Dhananchezian, M. (2021). Influence of variation in cutting velocity on temperature, surface finish, chip form and insert after dry turning Inconel 600 with TiAlN carbide insert. Materials Today: Proceedings, 46, 8271-8274.

4. Yagmur, S. (2021). The effects of cooling applications on tool life, surface quality, cutting forces, and cutting zone temperature in turning of Ni-based Inconel 625. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 116(3-4), 821-833.

5. Parida, A. K. and Maity, K. (2018). Comparison the machinability of Inconel 718, Inconel 625 and Monel 400 in hot turning operation. Engineering Science and Technology, an International Journal, 21(3), 364-370.

6. Manikandan, K. & Palanikumar, K. (2020). Machinability evaluation and comparison of Incoloy 825, Inconel 603 XL, Monel K400 and Inconel 600 super alloys in wire electrical discharge machining. Journal of Materials Research and Technology, 9(6), 12260-12272.

7. Akgün, M. and Demir, H. (2021). Optimization of cutting parameters affecting surface roughness in turning of inconel 625 superalloy by cryogenically treated tungsten carbide inserts. SN Applied Sciences, 3(2), 277.

8. Veerappan, G., Pritima, D., Parthsarathy, N. R., Ramesh, B. and Jayasathyakawin, S. (2022). Experimental investigation on machining behavior in dry turning of nickel based super alloy-Inconel 600 and analysis of surface integrity and tool wear in dry machining. Materials Today: Proceedings, 59, 1566-1570.

9. Kannan, V., Sundararajan, D., Chahal, A. and Raj, D. (2019). Machinability and Parametric Optimization of Inconel 600 Using Taguchi-Desirability Analysis under Dry Environment (No. 2019-28-0068). SAE Technical Paper.

10. Joshi, K. K. (2018). An experimental investigations in turning of Incoloy 800 in dry, MQL and flood cooling conditions. Procedia Manufacturing, 20, 350-357.

11. Heydari, B. and Karimi Zarchi, H. R. (2018). Simultaneous optimization of surface roughness and material removal rate in dry turning of super alloy Inconel 600. Iranian Journal of Manufacturing Engineering, 5(3), 1-11.

12. Montgomery, D.C. (2018). Design and analysis of experiments 8th Edn; John Wiley & Sons Inc.