ISSN : 1549-523-X
Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal
वर्ष : 23, अंक 3, जुलाई–सितम्बर 2025
Vol. 23, No. 3, July-September 2025

विज्ञान प्रकाश
VIGYAN PRAKASH

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
Research Journal of Science & Technology

लोक हिताय विज्ञानम्

लोक विज्ञान परिषद, दिल्ली
एवं
विश्व हिन्दी न्यास, न्यूयॉर्क
का प्रकाशन

Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal, ISSN: 1549-523-X
विज्ञान प्रकाश – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 3, जुलाई–सितम्बर 2025
VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 3, Jul. - Sep. 2025

संस्थापक मुख्य संपादक / Founder Chief Editor

- स्व. प्रो. राम चौधरी / Late Prof. Ram Chaudhari
  54, Perry Hill Raod, Oswego, NY, 13126, USA
- स्व. प्रो. ओम विकास / Late Prof. Om Vikas
  Founder, Lok Vigyan Parishad
  Formerly, Director, ABV-IIITM, Gwalior
  & Sr. Director, MEITy, Govt. of India.

सलाहकार मंडल / Advisory Board

- डॉ. विजय कुमार सारस्वत / Dr. V.K. Saraswat
  Member, NITI Aayog, Govt. of India &
  Chancellor, Jawaharlal Nehru University, New Delhi.
  Formerly, Secretary, Defence (R&D) & Scientific
  Adviser to Raksha Mantri & DG DRDO
  (Ministry of Defence)
  vk.saraswat@gov.in
- प्रो. जगदीश नारायण / Prof. Jagdish Narayan
  Distinguished Chair Professor & Director,
  NSF Center for Advanced Materials and Smart
  Structures, Dept. of Materials Science and
  Engineering Centennial Campus,
  North Carolina State University,
  Raleigh, NC 27695-7907.
  J_Narayan@ncsu.edu
- प्रो. अशोक झुनझुनवाला / Prof. Ashok Jhunjhunwala
  Institute Professor, IIT Madras
  E301 IITM Research Park, Chennai 600113
  ashok@tenet.res.in
- डॉ. श्याम कुमार शुक्ल / Dr. Shyam K. Shukla
  Executive Director, World Hindi Foundation
  44949 Cougar Circle, Fremont, CA 94539, USA
  shuklas@comcast.net
- प्रो. आलोक कुमार / Prof. Alok Kumar
  Department of Physics, State University of New York,
  Oswego, New York 13126
  Alok.kumar@oswego.edu

ऑनलाइन प्रदर्श / Online Presence (Website)

- दिव्या शर्मा / Divya Sharma
  Designer's Bliss, Sydney. NSW, Australia
  www.designersbliss.com

मुद्रण सहयोग / Printing Support

- अतुल भाटिया / Atul Bhatia
  Delta Print House, Jaipur - 302021

मुख्य संपादक / Chief Editor

- प्रो. ओउम प्रकाश शर्मा / Prof. Oum Prakash Sharma
  General Secretary, Lok Vigyan Parishad
  Additional Director, NCIDE,
  Indira Gandhi National Open University
  Maidan Garhi, New Delhi-110068
  opsharma@ignou.ac.in, editorvigyanprakash@gmail.com

प्रबंध संपादक / Managing Editor

- डॉ. आदर्श मंगल / Dr. Adarsh Mangal
  Department of Mathematics,
  Engineering College Ajmer - 305025
  dradarshmangal@vigyanprakash.in

संपादक–मंडल / Editorial Board

- प्रो. अनुपम शुक्ल / Prof. Anupam Shukla
  Director, SVNIT, Surat, Gujarat-395007
  dranupamshukla@gmail.com
- प्रो. कृष्ण कुमार मिश्र / Prof. Krishna Kumar Mishra
  Homi Bhabha Centre for Science Education, TIFR,
  Mumbai - 400088
  kkm@hbcse.tifr.res.in
- प्रो. प्रतापानंद झा / Prof. Prataapanand Jha
  Dean (Academics) and Director (Cultural Informatics)
  IGNCA, New Delhi
  pjha@ignca.nic.in
- प्रो. अवनीश कुमार / Prof. Avanish Kumar
  Dept of Math Sc & Comp App
  Bundelkhand University, Jhansi - 284128
  dravanishkumar@gmail.com
- प्रो. विशेष विकास / Prof. Vishesh Vikas
  Associate Professor
  The University of Alabama
  Tuscaloosa, Alabama, United States
  vishesh.vikas@gmail.com
- श्री राम शरण दास / Mr. Ram Sharan Das
  49, Sector-4, Vaishali,
  Ghaziabad - 201010 (U.P.)
  rsgupta_248@yahoo.co.in
- डॉ. कुलवंत सिंह / Dr. Kulwant Singh
  Scientist H, Materials Science Division
  BARC, Trombay, Mumbai - 400085 (India)
  Professor, Homi Bhabha National Institute, Mumbai
  singhkw@barc.gov.in

सहायक संपादक / Assistant Editor

- डॉ. राहुल दीक्षित / Dr. Rahul Dixit
  Department of Artificial Intelligence
  SV National Institute of Information Technology
  Surat
  rahuldixit@aid.svnit.ac.in

विश्व हिन्दी न्यास से संस्थापित एवं लोक विज्ञान परिषद, दिल्ली द्वारा प्रकाशित
पूर्व में UGC-CARE समिति से अनुमोदित हिन्दी में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल – विज्ञान प्रकाश
• ISSN : 1549-523-X; www.VigyanPrakash.in

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख/सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं। विज्ञान प्रकाश के संपादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Research Journal ISSN: 1549-523-X
विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल, वर्ष : 23, अंक 3, जुलाई – सितम्बर 2025
VIGYAN PRAKASH: Research Journal of Science & Technology, Vol. 23, No. 3, Jul. – Sep. 2025
(www.VigyanPrakash.in)

विषय क्रम

- सलाहकार एवं सम्पादक मण्डल / **Advisory & Editorial Board** — Inner Cvr
- सम्पादकीय / **Editorial** – भारत में उभरता विज्ञान–प्रेरित नवाचार एवं उद्यमिता पारिस्थितिकी तंत्र / **Emerging Science – Driven Innovation and Entrepreneurship Ecosystem in India** — 2
  – डॉ. ओउम प्रकाश शर्मा

शोध आलेख / Research Articles

- **विभिन्न भारण दरों पर TiAlN विलेपन का आसंजनशील मूल्यांकन / Adhesiveness Evaluation of TiAlN Coatings at Different Loading Rates** — 4
  – डॉ. कुलवंत सिंह
- मृदा स्थिरीकरण पर ई–वायर अपशिष्ट के प्रभाव का विश्लेषण / **Analysis of the Effect of E-wire Waste on Soil Stabilization** — 14
  – नारायण बंसल एवं राजीव जैन
- डीप लर्निंग तकनीकों का उपयोग करके आडू के पौधों में पत्ती की छवियों के माध्यम से रोगों का पता लगाना / **Detection of Diseases in Peach Plants Through Leaf Images Using Deep Learning Techniques** — 22
  – सिमरन गुल, परविंदर सिंह, सुरिंदर सिंह खुराना एवं परमजीत सिंह
- 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** — 35
  – वैशाल जे. बैंकर एवं डॉ. अयनेश वाई. जोशी

भारतीय ज्ञान परम्परा / Indian Knowledge Tradition

- संस्कृत कैसे सीखें ? (समास) / **How to Learn Sanskrit ? (Samaas)** — 41
  – आकृति ठाकुर एवं योगेश शर्मा

समीक्षक सूची / **List of Reviewers** — Back Inner Cvr

भारतीय दृष्टि से विज्ञान शब्द का समन्वय — Back Cvr

विज्ञान प्रकाश रिसर्च जर्नल में प्रकाशित लेख/सामग्री लेखकों के अपने निजी विचार हैं। विज्ञान प्रकाश के सम्पादक मंडल तथा प्रकाशक का कोई दायित्व नहीं है।

सम्पादकीय / **Editorial**

भारत में उभरता विज्ञान–प्रेरित नवाचार एवं उद्यमिता पारिस्थितिकी तंत्र

Emerging Science – Driven Innovation and Entrepreneurship Ecosystem in India

https://doi.org/10.5281/zenodo.17954118

विज्ञान और प्रौद्योगिकी आज न केवल आर्थिक विकास का माध्यम हैं, बल्कि ये राष्ट्रीय प्रगति, वैश्विक प्रतिस्पर्धा, सामाजिक परिवर्तन और आत्मनिर्भरता के प्रमुख स्तंभ बन चुके हैं। 21वीं सदी का विश्व स्पष्ट रूप से "नॉलेज–इकोनॉमी" की ओर बढ़ रहा है, और भारत इस परिवर्तन के केंद्र में एक ऐसी शक्ति के रूप में खड़ा है जो विज्ञान–आधारित नवाचार, डीप–टेक उद्यमिता और अनुसंधान–आधारित उद्योगों के माध्यम से नए अध्याय लिख रहा है। पिछले दशक में भारत ने जिस तीव्रता से विज्ञान और नवाचार के क्षेत्र में प्रगति की है, वह आश्चर्यजनक ही नहीं बल्कि ऐतिहासिक है। हम देख रहे हैं कि डिजिटल पब्लिक इन्फ्रास्ट्रक्चर, अंतरिक्ष विज्ञान, जैव–प्रौद्योगिकी, क्वांटम टेक्नोलॉजी, नवीकरणीय ऊर्जा, आर्टिफ़िशियल इंटेलिजेंस, उन्नत विनिर्माण और स्वास्थ्य तकनीक जैसे क्षेत्रों में भारत की उपलब्धियाँ देश को तकनीकी महाशक्ति बनने की दिशा में तेजी से आगे बढ़ा रही हैं।

दरअसल, विज्ञान–आधारित नवाचार, दुनियाभर में नई अर्थव्यवस्था का इंजन है। नवाचार का अर्थ केवल नया उत्पाद बनाना या नई सेवा व्यवस्था पैदा करना ही नहीं है, बल्कि वैज्ञानिक सिद्धांतों के आधार पर समस्याओं का उच्च गुणवत्ता, कम लागत और बड़े पैमाने पर समाधान प्रस्तुत करना है। नवाचार अब समाज और उद्योग दोनों की आवश्यकताओं से प्रेरित है, और इसके कारण तकनीकी, व्यवसायिक तथा सामाजिक तीनों आयामों में परिवर्तन दिखाई दे रहा है। भारत में विज्ञान–आधारित नवाचार का दायरा तीव्रता से बढ़ रहा है, जैसे कि UPI जैसी डिजिटल प्रौद्योगिकी ने भुगतान व्यवस्था में क्रांति ला दी है। उसी तरह, COVID–19 के दौरान वैक्सीन के विकास, जीनोम सिक्वेंसिंग और बायोटेक हस्तक्षेप ने विज्ञान–आधारित समाधानों की क्षमता सिद्ध की। यही नहीं, ISRO के चंद्रयान–3, गगनयान और Aditya L1 मिशन ने भारत की वैश्विक वैज्ञानिक प्रतिष्ठा को नई ऊँचाई दी है तथा ग्रीन हाइड्रोजन मिशन और नेशनल सोलर मिशन स्वच्छ ऊर्जा नवाचार को गति दे रहे हैं। इसी तरह के अनेक नवाचार देश के विभिन्न क्षेत्रों में विकास को नई उचाईयों पर ले जा रहे हैं ।

विज्ञान–आधारित तकनीकी उद्यमों एवं नवाचारों के फलस्वरूप, भारत आज स्टार्टअप परिदृश्य में विश्व में तीसरे स्थान पर है। आंकड़े बताते हैं कि भारत में 1.59 लाख से अधिक DPIIT–मान्यता प्राप्त स्टार्टअप कार्यरत हैं, जबकि 2016 में इनकी संख्या मात्र 502 थी। इस विशाल इकोसिस्टम के कारण 16–17 लाख से अधिक नौकरियाँ पैदा की जा चुकी हैं। खास बात यह है कि अब स्टार्टअप बड़े–बड़े शहरों तक ही सीमित नहीं हैं, अब लगभग 51% स्टार्टअप टियर–II एवं टियर–III शहरों से आ रहे हैं, जो विज्ञान और उद्यमिता के लोकतंत्रीकरण का श्रेष्ठ उदाहरण है। यह भी जानना महत्वपूर्ण है कि अब महिलाएं भी नवाचार और स्टार्टअप के क्षेत्र में बढ़–चढ़कर आगे आ रही हैं। लगभग 14% स्टार्टअप महिलाओं द्वारा संचालित किये जा रहे हैं, जो कि देश में एक समावेशी विकास का सशक्त संकेत है।

नवाचार क्षमता का सबसे महत्वपूर्ण वैश्विक संकेतक ग्लोबल इनोवेशन इंडेक्स (GII) होता है। भारत ने पिछले एक दशक में इसमें उल्लेखनीय छलांग लगाई है। जहाँ 2015 में ग्लोबल इनोवेशन इंडेक्स में हमारा 81वाँ स्थान था, वहीं लगातार प्रगति करते हुए 2024 में हम 39वें स्थान पर पंहुच गए हैं। यह उन्नति दर्शाती है कि भारत का वैज्ञानिक अनुसंधान, स्टार्टअप इकोसिस्टम और नवाचार इन्फ्रास्ट्रक्चर वैश्विक मानकों की ओर अग्रसर है। कुल मिलाकर विज्ञान–आधारित नवाचार और स्टार्टअप्स भारत की डीप–टेक आकांक्षाओं को आगे बढ़ा रहे हैं। AI, रोबोटिक्स, ड्रोन तकनीक, बायोटेक, EV, सेमीकंडक्टर, स्पेस–टेक, साइबर सुरक्षा, मेडिकल उपकरण, कृषि–तकनीक, 3D प्रिंटिंग जैसे अनेक क्षेत्रों में भारत की नई पीढ़ी ठोस नवाचार प्रस्तुत कर रही है।

देश में विज्ञान–आधारित नवाचार तंत्र को सशक्त करने हेतु भारत सरकार ने भी कई परिवर्तनकारी कदम उठाए हैं। इनमें प्रमुख हैं, स्टार्टअप इंडिया मिशन–2016 जो कि वैज्ञानिक उद्यमिता को प्रोत्साहित करने वाली देश की सबसे बड़ी पहल है। दूसरा प्रमुख कदम है स्टार्टअप इंडिया सीड फंड स्कीम जिसमें ` 945 करोड़ की राशि प्रारम्भिक विज्ञान–आधारित स्टार्टअप सहायता हेतु दी गई है और इससे लगभग 213 इनक्यूबेटर तथा 2,622 स्टार्टअप्स को प्रत्यक्ष लाभ प्राप्त हुआ है। इसी तरह, अटल इनोवेशन मिशन का भी विशेष योगदान रहा है, जो कि नवाचार संस्कृति को बचपन से प्रोत्साहित करने

वाला विश्व का सबसे बड़ा कार्यक्रम बन गया है। इसके अंतर्गत देशभर के विद्यालयों में 10,000 से अधिक अटल टिंकरिंग लैब्स (ATL) स्थापित की जा चुकी हैं, 72 अटल इनक्यूबेशन सेंटरों के माध्यम से लगभग 3,556 स्टार्टअप्स को इनक्यूबेशन की सुविधा दी जा रही है। शैक्षणिक एवं औद्योगिक अनुसंधान के क्षेत्र में बड़ा निवेश उपलब्ध कराने के उद्देश्य से नेशनल रिसर्च फाउंडेशन की स्थापना भी एक बड़ा कदम है। इसके अंतर्गत 5 वर्ष में `50,000 करोड़ से अधिक का निवेश प्रस्तावित है, जिससे वैज्ञानिक शोध को नई गति मिलेगी। इसी के साथ सेमीकंडक्टर चिप फैब्रिकेशन, क्वांटम कंप्यूटिंग और AI–विकास हेतु विशाल निवेश करने के उद्देश्य से इंडिया सेमीकंडक्टर मिशन एवं इंडिया AI मिशन की स्थापना की गई है, जिससे देश में नवाचार, एवं डीप–टेक स्टार्टअप के क्षेत्र में नई दिशा मिलेगी। यही नहीं, आज देशभर में लगभग 15,000 शैक्षणिक संस्थानों में Institution Innovation Council (IIC) स्थापित की जा चुकी हैं, जो विज्ञान–आधारित स्टार्टअप्स को प्रशिक्षित एवं मेंटरशिप समर्थन देते हैं। साथ ही शैक्षणिक जगत और उद्योग के बीच बढ़ता सहयोग भारत में विज्ञान–संचालित उद्यमिता के लिए मजबूत आधार प्रदान कर रहा है। राष्ट्रीय शिक्षा नीति (NEP–2020) ने भी वैज्ञानिक सोच, प्रयोग, डिज़ाइन थिंकिंग, समस्या–समाधान कौशल और उद्यमिता को मुख्यधारा शिक्षा में समाहित किया है, जिससे भविष्य का साइंस–इनोवेटर वर्कफोर्स तैयार हो रहा है।

यह स्पष्ट है कि एक तरफ तो विज्ञान–आधारित नवाचार को गति मिल रही है, वहीं दूसरी तरफ इसको रोकने वाली कई चुनौतियां भी पैदा हो रही हैं, जैसे कि स्टार्टअप्स का बड़ा हिस्सा अभी भी लो–टेक सेवाक्षेत्र में है। अभी भी AI, ML, रोबोटिक्स, स्पेस–टेक, क्वांटम और सेमीकंडक्टर जैसे क्षेत्रों में उच्च स्तरीय (Deep–Tech) नवाचार की कमी है। इन क्षेत्रों में और अधिक निवेश व विशेषज्ञता की आवश्यकता है। इसी तरह, भारत अभी भी R&D क्षेत्र में GDP का 0. 6% ही निवेश करता है, जो कि विकसित देशों की तुलना में काफी कम है। देश में वैज्ञानिक अवसंरचना का असमान वितरण भी एक बड़ी चुनौती है। ग्रामीण एवं छोटे शहरों में वैज्ञानिक प्रयोगशालाएँ, विश्वसनीय इंटरनेट, उच्च गुणवत्ता उपकरण और उद्योग सहयोग की कमी है। इसी तरह, घरेलू पूंजी निवेश की कमी भी बड़ी चुनौती है। अभी डीप–टेक क्षेत्रों में वेंचर कैपिटल का प्रवाह सीमित है, जबकि जोखिम अधिक होने के बावजूद इन क्षेत्रों में संभावनाएँ बहुत बड़ी हैं। इस क्षेत्र में अधिक फोकस देने की आवश्यकता है ।

अगर हम आगे की राह की बात करें तो स्पष्टतया भारत को वैश्विक विज्ञान–नवाचार केंद्र बनाने की रणनीति पर कार्य करने की आवश्यकता है। इसके लिए उद्योग–अकादमिक साझेदारी को नई ऊँचाई देनी होगी। ISRO–स्टार्टअप सहयोग जैसे मॉडल को अन्य क्षेत्रों में भी लागू करने की आवश्यकता है, स्पेस टेक, रक्षा, EV, क्वांटम, जैव–प्रौद्योगिकी आदि में संयुक्त लैब, टेस्ट–बेड, रिसर्च अनुदान बनने चाहिए। इसी तरह, डीप–टेक स्टार्टअप्स पर विशेष ध्यान देने की आवश्यकता है। इंडिया AI मिशन, क्वांटम मिशन तथा सेमीकंडक्टर मिशन से जुड़े स्टार्टअप्स को टैक्स इंसेंटिव, तेज पेटेंट प्रोसेस, वैश्विक बाजार में पहुँच जैसी सुविधाएँ प्रदान की जानी चाहिए। हरित और सतत प्रौद्योगिकी को वैश्विक नेतृत्व देने की आवश्यकता है। भारत, ग्रीन हाइड्रोजन, EV बैटरी, अपशिष्ट प्रबंधन, कार्बन कैप्चर, स्मार्ट कृषि क्षेत्रों में वैश्विक नेतृत्व हासिल कर सकता है। सबसे महत्वपूर्ण है, युवा वैज्ञानिकों को भविष्य हेतु तैयार करना। बदलते परिदृश्य के साथ AI, डेटा विज्ञान, रोबोटिक्स, बायोटेक, साइबर सुरक्षा जैसे कौशल शिक्षा–प्रणाली का अभिन्न हिस्सा बनते जा रहे हैं। ATL, IIC और स्किल इंडिया मिशन मिलकर एक फ्यूचर–रेडी साइंस वर्कफोर्स तैयार कर सकते हैं।

स्पष्टतया, भारत का विज्ञान–आधारित नवाचार एवं उद्यमिता पारिस्थितिकी तंत्र आज एक निर्णायक मोड़ पर है। विज्ञान की शक्ति, तकनीकी क्रांति, स्टार्टअप संस्कृति, सरकारी समर्थन और युवाओं की नवाचारी ऊर्जा-इन सभी ने मिलकर एक ऐसा वातावरण बनाया है जो भारत को आगामी दशक में वैश्विक तकनीकी नेतृत्व प्रदान कर सकता है। आज भारतीय स्टार्टअप केवल आर्थिक वृद्धि नहीं कर रहे, बल्कि रोग निदान को तेज और सस्ता बना रहे हैं, कृषि में वैज्ञानिक समाधान ढूंढ रहे हैं, शिक्षा को डिजिटल रूप में परिवर्तित कर रहे हैं, अंतरिक्ष व ऊर्जा क्षेत्रों में नए आयाम खोल रहे हैं, और लाखों युवाओं को वैज्ञानिक रोजगार उपलब्ध करा रहे हैं। आज भारत का युवा नौकरी ढूँढने वाला नहीं, बल्कि नौकरी देने वाला बन रहा है। यदि हम विज्ञान और नवाचार को समान गति से बढ़ाते रहे, तो 2047 तक विकसित भारत बनने का लक्ष्य केवल सपना नहीं, बल्कि वैज्ञानिक आधार वाला यथार्थ होगा।

– डॉ ओउम प्रकाश शर्मा

शोध पत्र / **Research Paper**

विभिन्न भारण दरों पर TiAlN विलेपन का आसंजनशील मूल्यांकन

Adhesiveness Evaluation of TiAlN Coatings at Different Loading Rates

डॉ. कुलवंत सिंह

Dr. Kulwant Singh

Scientist H, Materials Science Division,
Bhabha Atomic Research Centre, Trombay,
Mumbai - 400085
Professor, Homi Bhabha National Institute,
Anushakti Nagar, Mumbai - 400094
singhkw@barc.gov.in

https://doi.org/10.5281/zenodo.17954217

सारांश

टाइटेनियम–एल्यूमीनियम–नाइट्राइड (TiAlN) विलेपन (coating) को अभिक्रियाशील डीसी मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग तकनीक द्वारा स्टेनलेस स्टील अवस्तर (substrate) पर जमा (deposit) किया गया। अवस्तर पर इसकी आसंजनशीलता (adesiveness) का मूल्यांकन खरोंच परीक्षण (स्क्रैच टेस्ट) का उपयोग करके किया गया। यह तकनीक स्टेनलेस स्टील के विलेपित (कोटेड) नमूने पर बढ़ते सामान्य भार के तहत हीरा स्टाइलस (हीरा लगी कलम) के द्वारा खरोंच लगाने की क्रिया पर आधारित है। खरोंच परीक्षणों के दौरान लेपन की भारण दर (loading rate) में परिवर्तन किया गया और विलेपित आसंजक पर इस प्रभाव का विश्लेषण किया गया। खरोंच परीक्षणों के दौरान विलेपित आसंजक (adhesive) एवं ससंजन (cooesive) विफलताओं के लिए क्रांतिक भार (critical weight) को मापा गया। विभिन्न भारण दरों पर घर्षण गुणांक (μ) को निर्धारित किया गया। कम भार की दशा में विलेपन में दरारें दिखना, तथा ऊपरी परत के हटने के साथ ससंजक विफलता की घटना देखी गई। जबकि उच्च भार पर, आसंजक विफलता, छीलन अथवा विलेपित पदार्थ के छोटे टुकड़े या छीलन अलग होना (chipping), समुत्खंडन (spalation) अर्थात कोटिंग के बड़े टुकड़ों का टूट कर अलग होना और विस्तरण/विसंयोजन (delamination) इत्यादि देखा गया।

Abstract

Titanium-aluminium-nitride (TiAlN) coating was deposited on stainless steel substrate by reactive DC magnetron sputtering technique. The adhesion was evaluated using scratch test. This technique is based on scratching the coated stainless-steel sample with a diamond stylus under increasing normal load. The loading rate was varied during the scratch tests and its effect on the coated adhesive was analysed. The critical weight for adhesive and cohesive failures of the coated adhesive was measured during the scratch tests. The coefficient of friction (μ) was determined at different loading rates. At low loads, the occurrence of cracks in the coating, and cohesive failure with peeling of the top layer was observed. Whereas at high loads, adhesive failure, chipping or breaking off of the coated material into smaller pieces, spallation i.e. breaking off of larger pieces of the coating and delamination etc. were observed.

मुख्य शब्द : आसंजन; आखुरण/खरोंच परीक्षण; TiAlN; मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग; भारण (loading) दर; घर्षण गुणांक।

Keywords : adhesion; scratch test; TiAlN; magnetron sputtering; loading rate; friction coefficient.

परिचय

कई अनुप्रयोगों (applications) में TiN कोटिंग को टाइटेनियम–एल्यूमीनियम–नाइट्राइड (TiAlN) के लेप द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है [1]। TiAlN कोटिंग उच्च कठोरता, बढ़ा हुआ घिसाव प्रतिरोध, उच्च ऑक्सीकरण प्रतिरोध और काटने की बेहतर क्षमता प्रदर्शित करती हैं [2]। TiAlN अथवा इसी तरह की किसी अन्य कोटिंग को अनेक प्रकार की भौतिक वाष्प निक्षेपण तकनीकों [3] (deposition techniques) के द्वारा जमा किया जा सकता है। TiN की तुलना मे TiAlN विलेपित धातु (TiAlN coated metal) मशीनन (machining) और निर्माण अनुप्रयोगों की एक श्रृंखला के लिए बेहतर प्रदर्शन दर्शाती हैं, जो कि TiN लेप में एल्यूमीनियम के जुड़ने से और यंत्रों (instruments) की सतह पर एल्यूमीनियम ऑक्साइड की परत के निर्माण के कारण होता है। यह विलेपन (coating) के प्रचालन तापमान परास (operating temperature range) को जो TiN विलेपन आस्तरण के लिए 500º C होता है TiAlN विलेपन आस्तरण के लिए 800º C तक बढ़ा देता है। TiAlN आस्तरण सख्त भी होता है, जिसके परिणामस्वरूप छीलन के उखड़ने में कमी आती है। TiAlN विलेपन के गुण इसे न्यूनतम स्नेहक (lubricants) के उपयोग के साथ उच्च तापमान पर काटने की क्रिया के संचालन के लिए उपयुक्त बनाते हैं। इसका उपयोग टाइटेनियम, एल्यूमीनियम, निकल मिश्र–धातु, स्टेनलेस स्टील, मिश्र–धातु स्टील, कोबाल्ट–क्रोमियम –मोलिब्डेनम (Co–Cr–Mo) और कच्चे लोहे से बने यंत्रों में सफलतापूर्वक किया जा सकता है। इस तरह के लेप के सबसे महत्वपूर्ण मूल्यांकन मापदंडों में से एक आसंजक शक्ति (adhesive power) [4] है। विलेपन और अवस्तर (substrate) के बीच आसंजन का मूल्यांकन खरोंच परीक्षण का उपयोग करके किया जा सकता है। यह परीक्षण रॉकवेल सी हीरा दंतुरक (diamond inentor) को लेपित नमूने (सामान्यत: 20 से 50 मिमी आकार) पर यंत्र द्वारा चलाते हुए नमूने की सतह पर रैखिक रूप से लोड (भार) को सतत बढ़ा कर किया जाता है। दंतुरक (indentor) में 200 μm (ASTM मानक) की नोक–त्रिज्या (tip radius) होती है। लगाए गए सामान्य भार (लोड) को 1 N से लेकर अधिकतम 100 N तक बढ़ाया जा सकता है। भारण दर और खरोंच की लंबाई पूर्व–निर्धारित की जाती है। खरोंच परीक्षण के दौरान, वह प्लेटफ़ॉर्म, जिस पर नमूने को स्थिर (fix) किया जाता है, क्षैतिज रूप से चलता है। दंतुरक पर, ध्वनिक उत्सर्जन (Acoustic Emission–AE), घर्षण बल (Friction Force) और गहराई (depth) मापन सेंसर लगाए जाते हैं, जो खरोंच परीक्षण के दौरान डेटा को निरंतर रिकॉर्ड करते हैं। विलेपन की विफलताओं के लिए दो प्रमुख प्रकार के क्रांतिक भार (critical force) परिभाषित किए गए हैं। एक, ससंजक क्रांतिक भार (cohesive critical load), वह भार है जिस पर ससंजक विफलता होती है, यानी विलेपन के भीतर विफलता जैसे कि विलेपन के भीतर सूक्ष्म दरारें और दूसरा आसंजन विफलता यानी कि छीलन (chipping) निकलना, समुत्खंडन (spallation), विपटलन (dellmination) या ऐसी किसी भी घटना का अवलोकन जिसमें विलेपन के नीचे अवस्तर (substrate) उजागर हो जाता है। खरोंच परीक्षण के तुरंत बाद प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शिकी (optical microscopy) में खरोंच पथ (scratch track) को देखकर और खरोंच पथ पर अलग–अलग भार पर फोटो लेकर क्रांतिक भार प्राप्त किए जा सकते हैं। खरोंच परीक्षण के दौरान प्राप्त ध्वनिक उत्सर्जन (AE) संकेत या घर्षण बल (friction force) व्यवहार में परिवर्तन के साथ क्रांतिक भार को भी निर्धारित या सहसंबंधित किया जा सकता है। वर्तमान अध्ययन डीसी मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग द्वारा स्टेनलेस स्टील पर जमा TiAlN विलेपन (coatin) के आसंजन (adhesivvness) पर भारण दर के प्रभाव का मूल्यांकन करता है। खरोंच परीक्षण के दौरान प्राप्त घर्षण बल और ध्वनिक उत्सर्जन संकेतों का मूल्यांकन और तुलना की गई है। भारण दरों के संदर्भ में घर्षण गुणांक का मूल्यांकन भी किया गया है।

विलेपन

TiAlN फ़िल्में जंगरोधी इस्पात अवस्तर (stainless steel substrate) पर अभिक्रियाशील (reactive) dc मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग द्वारा विशेष रूप से निर्मित इकाई (custom built unit) में तैयार की गई। सतह की सफाई क्षारीय घोल में की गई, तथा घोल का तापमान 60º C रखा गया था। क्षारीय घोल में सफाई के बाद, अवस्तर सबस्ट्रेट्स को 33% (v/v) हाइड्रोजन क्लोराइड (HCl) में डुबोया गया। सभी चरण पराश्रव्य (ultrasonic) प्रेक्षणों के रूप में किए गए। प्रत्येक चरण के बाद, नमूनों को सादे पानी से धोया गया और फिर आसवित खनिज (distilled mineral–DM) पानी से धोया गया। विलेपन का जमाव नाइट्रोजन/आर्गन प्रवाह के 20% अनुपात पर किया गया। टाइटेनियम और एल्यूमीनियम के वैकल्पिक चाप खंडों वाले एक गोलाकार मोज़ेक धातु लक्ष्य का उपयोग किया गया था। लक्ष्य का व्यास 160 मिमी और सतह क्षेत्र अनुपात (C_{Ti}/C_{Al}) एक था। घूर्णी (rotary) पंप द्वारा समर्थित विसरण (diffusion) पंप की सहायता से कक्ष में $<1\times10^{-5}$ mbar (<0.0076 mTorr) का निर्वात (vacuum) बनाया गया। उच्च शुद्धता वाले आर्गन और नाइट्रोजन गैसों (शुद्धता >99.99%) को फिर से कक्ष में भर दिया गया। सभी प्रयोगों में आर्गन गैस का प्रवाह 20 sccm पर स्थिर रखा गया, तथा कुल दबाव लगभग 4×10^{-3} mbar (3.8 mTorr) पर स्थिर रखा गया। नाइट्रोजन प्रवाह को अनुकूलित किया गया और 20% के नाइट्रोजन/कुल गैस प्रवाह अनुपात के इस अनुकूलित मान पर लेप तैयार किया गया। लेप के जमाव के दौरान, अवस्तर को –100 V पर अभिनत (bias) किया गया एवं लक्ष्य धारा को 0.6 A रखा गया था। लेप के जमाव के दौरान, कोई बाहरी तापन (heating) नहीं की गई थी। लक्ष्य से अवस्तर के बीच की दूरी 60 मिमी रखी गई थी। लक्ष्य को 0–1000 V (6 A अधिकतम) की स्थिर प्रत्यक्ष धारा शक्ति (direct current–DC power) आपूर्ति के माध्यम से बिजली की आपूर्ति की गई थी। अवस्तर अभिनति (substrate biasing) को परिवर्तनीय वोल्टेज (0–300 V) और धारा (current) (0–500 mA) की स्थिर प्रत्यक्ष धारा शक्ति की आपूर्ति के माध्यम से लागू किया गया। नाइट्राइड विलेपन में बेहतर आसंजन प्राप्त करने के लिए, सभी प्रयोगों में सबसे पहले लक्ष्य (Ti–Al) पदार्थ का एक पतला धातु अंतःस्तर (interlayer) (<0.2 μm) को कक्ष में नाइट्रोजन की शुरूआत से पहले जमा किया गया था। प्राप्त TiAlN लेप की मोटाई 1.8 से 2.2 μm की सीमा में थी।

खरोंच आसंजन परीक्षण (scratch adhesive test)

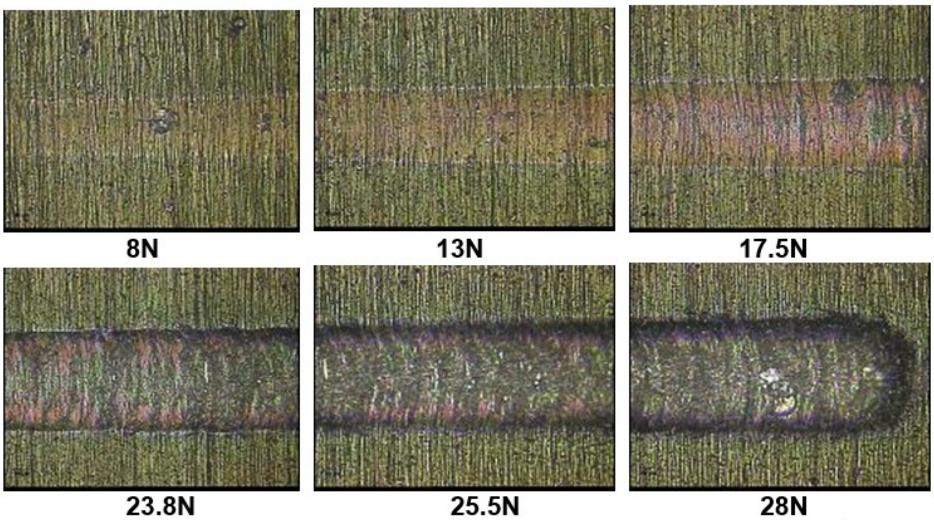
विलेपन के लिए बुनियादी आवश्यकता यह है, कि जमा की गई फिल्म अवस्तर से अच्छी तरह से जुड़ी हुई हो। खरोंच आसंजन परीक्षण एक वाणिज्यिक स्वचालित खरोंच परीक्षक (CSEM, स्विटजरलैंड निर्मित) का उपयोग करके किया गया था, जो रॉकवेल सी डायमंड स्टाइलस (शंकु शीर्ष कोण 120º, अग्र त्रिज्या 200 माइक्रोन) और प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शिकी से सुसज्जित था। 1 से 30 N तक रैखिक रूप से बढ़ते भार के तहत खरोंच बनाए गए थे। 10, 30, 50, 70 और 100 N/min की भारण दरों पर अलग–अलग खरोंच किए गए थे, जिसमें खरोंच की लंबाई 3 मिमी पर स्थिर रखी गई थी। चूंकि लेप 30 N भार तक पूरी तरह से विफल नहीं हुई थी, इसलिए 30 N/min की भारण दर पर लागू सामान्य बल को 50 N तक बढ़ाकर खरोंच परीक्षण दोहराया गया। विभिन्न लेप विफलता घटनाओं में सूक्ष्म दरारें, छीलन, समुत्खंडन (spallation), पदार्थ का पार्श्व प्रवाह (side flow), आंशिक या पूर्ण विसंयोजन (disjunction) शामिल हैं। बढ़ते भार के साथ खरोंच प्रतिरूप जिसमें विभिन्न प्रकार की विलेपन विफलताएं होती हैं, प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शिकी और घर्षण बल माप द्वारा जाना जा सकता है। यह सुझाव दिया गया है, कि आसंजन विफलता सीधे घर्षण बल और AE मान में अचानक वृद्धि के साथ जुड़ी हुई है। ध्वनिक संसूचक (acoustic detector) जो मूल रूप से खरोंच के दौरान उत्सर्जित ध्वनि ऊर्जा को मापता है, स्टाइलस के ऊपर लगाया जाता है, और सूक्ष्म दरारों के गठन और प्रसार से निकलने वाले प्रघाती तरंग प्रस्फोट (shock wave burst) के माध्यम से लेप के नुकसान की शुरुआत

का पता लगाता है। ध्वनिक संकेतों (acoustic signals) के बड़े स्पंदनों (vibrations) और विलेपन विफलता के बीच एक संबंध है। घर्षण बल संसूचक (friction force detector) खरोंच परीक्षण के दौरान घर्षण बल को लगातार रिकॉर्ड करता है। विलेप के टूटने, अलग होने या अन्यथा क्षतिग्रस्त होने पर घर्षण बल बदल जाता है। उच्च भार पर व्यवहार का निरीक्षण करने के लिए, 50 N (30 N/मिनट की भारण दर पर) तक भार बढ़ाकर खरोंच परीक्षण को दोहराया गया।

परिणाम और चर्चा

खरोंच परीक्षण के दौरान सामान्य भार, घर्षण गुणांक (friction coefficient) और ध्वनिक उत्सर्जन के ग्राफ दर्ज किए गए। यह देखा गया है, कि 30 N भार तक, छिलना, ऊपरी परत हटाना, विलेप पदार्थ का आगे की ओर प्रवाह, पार्श्व प्रवाह अथवा कुछ स्थानों पर छिलना और आंशिक विसंयोजन (disjunction) देखा गया, जबकि पूर्ण विसंयोजन नहीं पाया गया। उच्च भार पर व्यवहार का निरीक्षण करने के लिए, 50 N तक भार बढ़ाकर खरोंच परीक्षण किया गया।

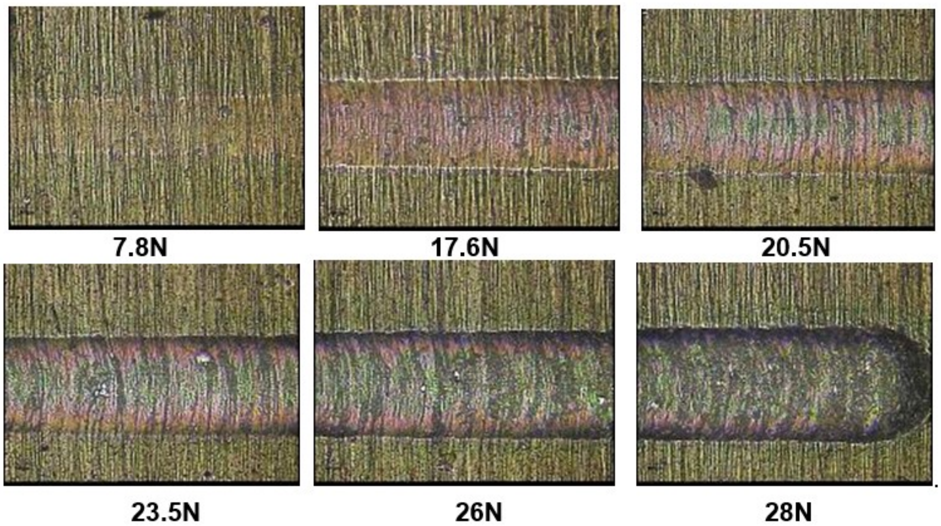
भारण (loading) दर का प्रभाव



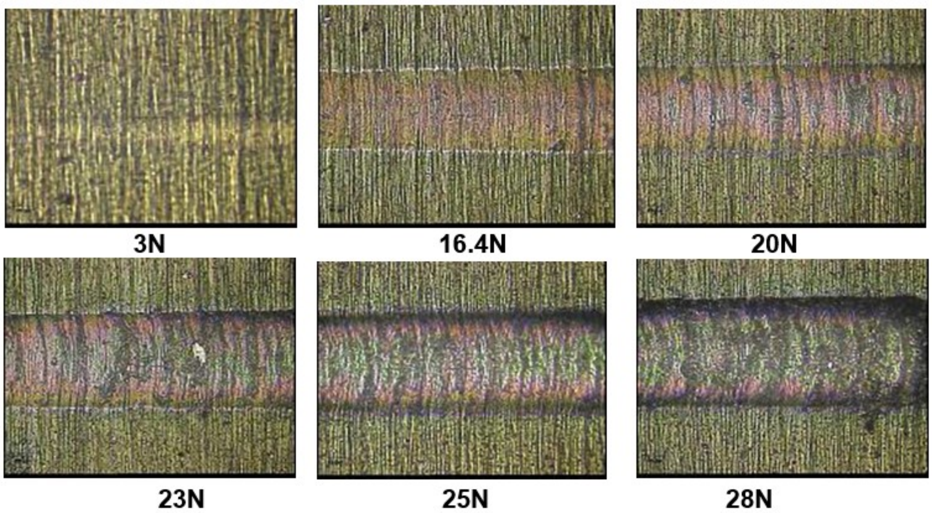
चित्र 1: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (micrograph) (भारण दर: 10 N/मिनट)

चित्र 1 में, 10 N/मिनट की भारण दर पर किए गए खरोंच परीक्षण के लिए अलग–अलग भार पर खरोंच पथ की सूक्ष्म छवियां दिखाई गई हैं। 8 N भार तक कोई दरार या छीलन नहीं देखी गई। जैसे ही भार 13 N तक बढ़ा, मामूली छीलन देखी गई। 17.5 N भार पर ऊपरी परत हट गई और छीलन के साथ–साथ छोटी दरारें भी आईं। 23.8 N भार पर, दरार और छीलन बढ़ गई और पदार्थ का प्रवाह (flow) शुरू हो गया। 25.5 N भार पर, ये सभी घटनाएँ उच्च सीमा तक बढ़ी देखी गईं। 28 N पर, कुछ स्थानों पर समुत्खंडन और आंशिक विसंयोजन (partial disjunction) भी हुआ।

चित्र 2 में 30 N/मिनट की भारण दर पर किए गए खरोंच परीक्षण से विभिन्न भारों पर सूक्ष्म छवियां (micrograph) दिखाई गई हैं। यह देखा गया कि 17.6 N भार पर, छीलन से ऊपरी परत हटने लगी, जबकि 20.5 N भार पर दरारें दिखाई देने लगीं। 23.5 N भार पर दरारें लंबी, गहरी और चौड़ी हो गईं और आंशिक रूप से विसंयोजन (disjuntion) हुआ। 26 N भार पर, पदार्थ का प्रवाह (flow of material) भी देखा गया। 28 N भार पर, छिलने और दरारों की मात्रा बढ़ गई और किनारों पर पदार्थ का प्रवाह भी देखा गया।



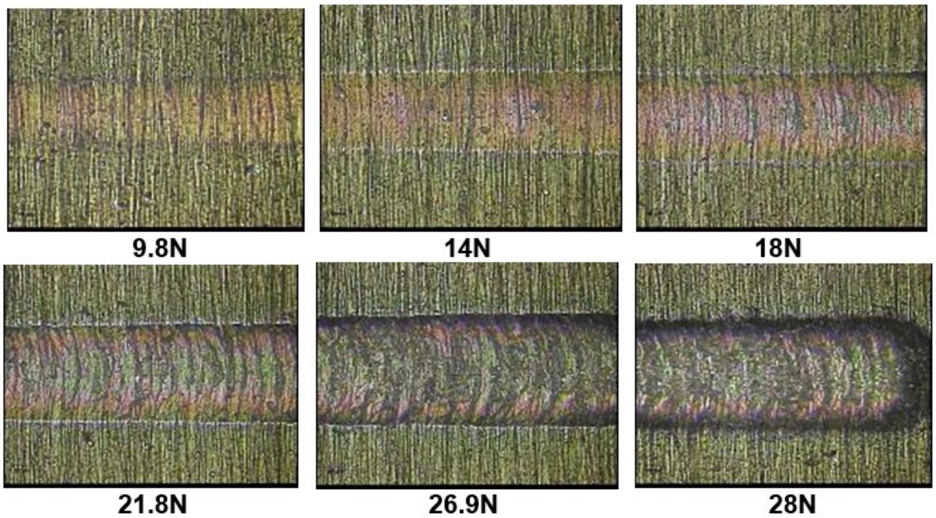
चित्र 2: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (भारण दरः 30 N/मिनट)



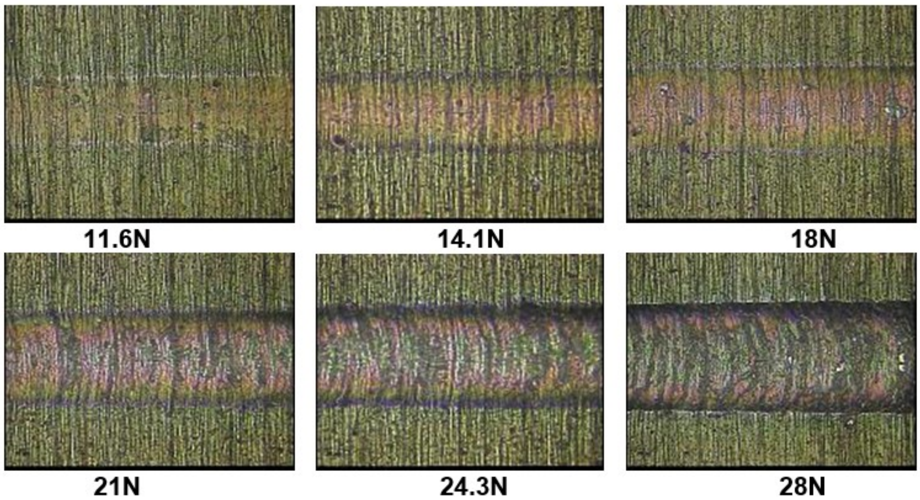
चित्र 3: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (भारण दरः 50 N/मिनट)

50 N/मिनट (चित्र 3) की भारण दर पर, यह देखा गया कि 16.4 N पर केवल ऊपरी परत हट गई। 20 N पर क्रैकिंग और चिपिंग शुरू हुई और 23 N भार पर समुत्खंडन हुआ। 25 N पर चटकने (cracking) और छिलने की मात्रा बढ़ गई, और किनारों पर पदार्थ का प्रवाह भी शुरू हो गया। 28 N पर छिलना, चिटकना और पदार्थ के प्रवाह की मात्रा बढ़ी देखी गई। 30 N के परीक्षण भार तक कोई विसंयोजन नहीं देखा गया।

70 N/मिनट भारण दर पर, चित्र 4 से यह स्पष्ट है, कि 14 N तक, कोई भी ससंजक विफलता (cohesive failure) नहीं देखी गई। 18 N भार पर, दरारें, छिलना और ऊपरी परत का हटना शुरू हो गया। 26.9 N भार पर, दरारें गहरी और लंबी हो गईं, पदार्थ का प्रवाह भी देखा गया। 28 N पर, छिलने की मात्रा बढ़ गई, किनारों पर पदार्थ का प्रवाह देखा गया, लेकिन 30 N भार तक कोई आसंजन विफलता (adhesion failure) नहीं हुई।



चित्र 4: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (भारण दरः 70 N/मिनट)



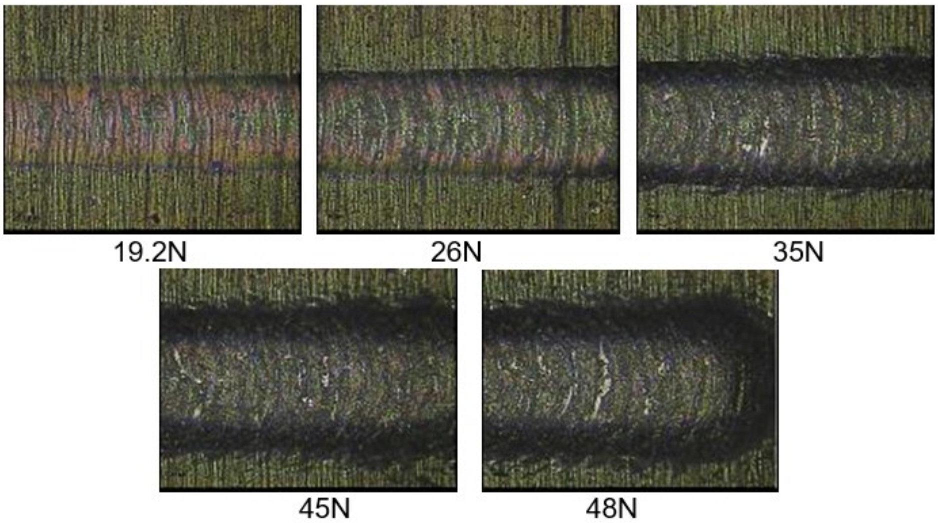
चित्र 5: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (भारण दरः 100 N/मिनट)

100 N/मिनट भारण दर (चित्र 5) पर, 18 N भार पर ऊपरी परत का हटना और छिलना देखा गया। 21 N भार पर, विलेप में दरारें शुरू हो गईं। 24.3 N भार पर, दरारों का घनत्व (density) बढ़ गया, और किनारों पर पदार्थ का प्रवाह भी देखा गया। 28 N भार पर, छिलने और आंशिक विसंयोजन के साथ पदार्थ का भारी प्रवाह हुआ। जब हम अलग–अलग भारण दरों पर किए गए समान भार पर खरोंच प्रतिरूप (scratch pattern) की तुलना करते हैं, तो हम देखते हैं, कि जैसे–जैसे भारण दर बढ़ती है, चिटकना, छिलना, और पदार्थ का प्रवाह तथा ऊपरी परत का हटना, समुत्खंडन आदि सभी घटनाएं तेजी से होती हैं। चित्र 1–5 में, जब 8–12 N भार के बीच खरोंच प्रतिमान की तुलना की जाती है, तो समान भार पर भारण दर में वृद्धि के साथ कम दोष देखे गए। विभिन्न भारण दरों पर 16–18 N भार के बीच (चित्र 1–5) खरोंच प्रतिरूप (scratch pattern) की तुलना करने पर, यह देखा गया कि जैसे–जैसे भारण दर बढ़ती है, समान लागू भार पर पदार्थ का प्रवाह और दरारें कम होती जाती हैं। इसी तरह, जब विभिन्न भारण दरों के लिए 21–24 N भार के बीच खरोंच प्रतिरूप की तुलना

की गई, तो यह देखा गया, कि कम भारण दरों पर पदार्थ का प्रवाह और सतही दोष अधिक स्पष्ट थे, और भारण दर बढ़ने के साथ कम हो गए। 28 N भार पर, विभिन्न भारण दरों के लिए खरोंच प्रतिमान की तुलना करने पर, यह देखा गया कि कम भारण दर पर, अधिक फैलाव और पदार्थ का प्रवाह हुआ।

50 N तक के भार पर खरोंच

खरोंच परीक्षण 50 N तक के सामान्य भार पर दोहराया गया, क्योंकि 30 N तक के भार पर, विलेप में कोई बड़ी आसंजन विफलता नहीं पाई गई। भारण दर 30 N/मिनट थी और खरोंच की लंबाई 3 मिमी रखी गई थी। विभिन्न भारों पर खरोंच पथ (track) के सूक्ष्म छवियां चित्र 6 में दिखाई गई हैं।



चित्र 6: विभिन्न भार पर सूक्ष्म छवियां (भारण दरः 30 N/मिनट)

चित्र 6 से, यह देखा गया कि 19.2 N भार पर, छिलना और दरारें आई। 26 N भार पर, दरारें और छिलने के साथ–साथ पदार्थ का प्रवाह देखा गया। 35 N भार पर, बिखराव हुआ और किनारों पर पदार्थ का प्रवाह बढ़ गया, साथ ही आंशिक विसंयोजन भी हुआ। 45 N भार पर, बिखराव और आंशिक विसंयोजन की मात्रा बढ़ गई, और किनारों पर पदार्थ का भारी प्रवाह देखा गया। 48 N भार पर, बिखराव, पदार्थ का प्रवाह और आंशिक विसंयोजन और भी बढ़ गया, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। हालांकि, अवस्तर से विलेप का पूर्ण विसंयोजन/अलगाव 50 N भार तक नहीं देखा गया।

घर्षण गुणांक

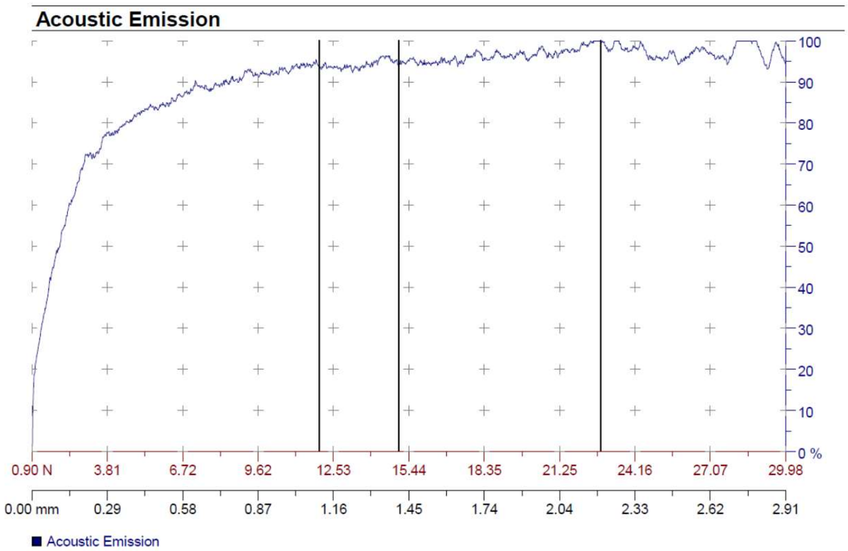
विभिन्न भारण दरों पर किए गए खँरोच परीक्षण के दौरान विभिन्न भारों पर प्राप्त घर्षण गुणांक (μ) तालिका 1 में दिखाए गए हैं। खँरोच परीक्षण में सामान्य भार 1 से 30 N तक बढ़ाए जाने पर, μ धीरे–धीरे लागू भार के साथ बढ़कर 50 N/मिनट तक की भारण दरों के लिए 0.1 और 70 और 100 N/मिनट की भारण दरों के लिए 0.11 तक बढ़ गया। भार में वृद्धि के साथ घर्षण गुणांक में वृद्धि, अवस्तर प्रभाव में वृद्धि के कारण होती है। खरोंच परीक्षण के दौरान भारण दर बढ़ाने से विभिन्न भार पर μ पर अलग–अलग प्रभाव पड़ा। कम भार (6.7 और 12.5 N) पर मान 10 से 100 N/मिनट तक भारण दर में वृद्धि के साथ कम हो गया, 18.3 N भार पर मान स्थिर रहा, जबकि उच्च भार (24.2 और 30 N) पर यह 10 से 100 N/मिनट तक भारण दर में वृद्धि के साथ (एक सीमित सीमा तक) बढ़ गया। परिणाम दर्शाते हैं, कि ऊपरी भारण दर की एक सीमा है, जिससे अधिक दर पर खरोंच परीक्षण को हतोत्साहित किया जाना चाहिए। वर्तमान मामले में, यह 50 N/मिनट पाया गया।

तालिका 1: स्क्रैच परीक्षण के दौरान विभिन्न भार पर घर्षण गुणांक (μ)

लोडिंग दर (N/min)	विभिन्न भार पर घर्षण गुणांक (μ)				
	6.7 N	**12.5 N**	**18.3 N**	**24.2 N**	**30 N**
10	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10
30	0.04	0.06	0.08	0.09	0.10
50	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10
70	0.03	0.05	0.08	0.10	0.11
100	0.04	0.05	0.08	0.10	0.11

ध्वनिक उत्सर्जन

खरोंच परीक्षण के दौरान, ध्वनिक उत्सर्जन संकेत उत्पन्न हुए। जिन्हें ग्राफ के रूप में रिकॉर्ड किया गया। ये संकेत दरारें, छिलना, विसंयोजन आदि के गठन को इंगित करते हैं। जब सिग्नल की ऊंचाई बढ़ जाती है, तो यह खरोंच परीक्षण के दौरान दरार और छिलने में वृद्धि को दर्शाता है। प्रकाशीय सूक्ष्मदर्शी (optical microscope) में खरोंच पथ के अवलोकन से इसकी पुष्टि हुई। खरोंच परीक्षण (30 N/मिनट की भारण दर पर) के दौरान प्राप्त एक विशिष्ट AE ग्राफ चित्र 7 में दिखाया गया है।



चित्र 7: खरोंच परीक्षण के दौरान प्राप्त AE ग्राफ (भारण दरः 30 N/मिनट)

क्रांतिक भार (critical load)

क्रांतिक भार को उस भार के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जिस पर विलेप/अवस्तर प्रणाली (coating/substrate system) में कुछ आसंजन/ससंजन (adhesive/cohesive) विफलता शुरू होती है। जैसा कि उपरोक्त अध्ययनों से स्पष्ट है, कि 30 N भार तक, आसंजन विफलता (समुत्खंडन, अवस्तर से आंशिक विलेपन विस्तरण) देखा गया। तालिका 2 विभिन्न भारण दरों पर खरोंच परीक्षण के दौरान देखे गए विभिन्न क्रांतिक भार के मानों को दर्शाती है।

तालिका 2 : विभिन्न भारण दरों पर खरोंच परीक्षण के दौरान देखा गया क्रांतिक भार

लोडिंग दर (N/min)	L_{C1} (N)	L_{C2} (N)	L_{C} (N)	L_{C4} (N)
10	12.9	17.5	22.8	23.8
30	13.5	17.8	23.5	23.5
50	13.9	20.0	25.0	23.0
70	14.0	20.5	26.9	26.9
100	14.1	21.0	27.0	30.0

जहाँ LC_1 = वह क्रांतिक भार जिस पर ऊपरी परत का हटना और छिलना शुरू हुआ।

LC_2 = वह क्रांतिक भार जिस पर दरारें उत्पन्न हुई।

LC_3 = वह क्रांतिक भार जिस पर किनारों पर पदार्थ का प्रवाह देखा गया।

LC_4 = वह क्रांतिक भार जिस पर छिलना/आंशिक विसंयोजन हुआ।

हम तालिका 2 से देखते हैं कि ऊपरी परत को हटने और छिलने के लिए आवश्यक क्रांतिक भार (LC_1) भारण दर में वृद्धि के साथ धीरे–धीरे बढ़ता गया। इसी तरह, दरारें उत्पन्न करने के लिए आवश्यक क्रांतिक भार (LC_2) और पदार्थ का प्रवाह (LC_3) भी भारण दर में वृद्धि के साथ बढ़ता गया।

हालाँकि, छिलना/आंशिक विसंयोजन (LC_4) पर भारण दर का प्रभाव अलग था। LC_4 का मान भारण दर में 50 N/min तक की वृद्धि के साथ थोड़ा कम हुआ और फिर भारण दर में 100 N/min तक की वृद्धि के साथ यह बढ़ गया। यह दर्शाता है कि 70 और 100 N/मिनट की भारण दरें LC_4 के वास्तविक मानों को दर्शाने के लिए बहुत अधिक हैं।

निष्कर्ष

डीसी मैग्नेट्रॉन स्पटरिंग द्वारा स्टेनलेस स्टील सब्सट्रेट पर जमा किए गए TiAlN विलेप का मूल्यांकन 10, 30, 50, 70 और 100 N/मिनट की भारण दरों पर 1–30 N भार से खरोंच आसंजन परीक्षण द्वारा किया गया।

सभी परीक्षणों में खरोंच की लंबाई 3 मिमी पर स्थिर रखी गई थी। बढ़ते लागू भार के साथ घर्षण बल और घर्षण गुणांक को सतत मापा गया। निम्नलिखित निष्कर्ष प्राप्त हुए –

- पदार्थ के प्रवाह, सूक्ष्म दरारें, फैलाव, आंशिक विसंयोजन आदि दोषों के अवलोकन में यह पाया गया कि भारण दर में क्रमिक वृद्धि के साथ सभी में देरी हुई यानी एक विशेष भार पर, दोष कम भारण दरों पर अधिक स्पष्ट थे और भारण दर बढ़ने के साथ कम हो गए।
- खरोंच परीक्षण में भार को 1 से 30 N तक बढ़ाने पर, μ धीरे–धीरे 50 N/मिनट तक भारण दरों के लिए 0.1 तक और 70 और 100 N/मिनट की भारण दरों के लिए 0.11 तक बढ़ गया।
- कम भार पर μ भारण दर में 10 से 100 N/मिनट की वृद्धि के साथ कम हो गया, जबकि उच्च भार पर यह भारण दर में 10 से 100 N/मिनट की वृद्धि के साथ थोड़ा बढ़ गया।
- शीर्ष परत हटने और छिलने (LC_1), दरारें निर्माण (LC_2), और पदार्थ के प्रवाह (LC_3) के लिए क्रांतिक भार भारण दर के साथ बढ़ गया। हालांकि, समुत्खंडन/आंशिक विसंयोजन (LC_4) के लिए क्रांतिक भार भारण दर में 50 N/मिनट तक की वृद्धि के साथ थोड़ा कम हो गया और फिर भारण दर में 100 N/मिनट तक की वृद्धि के साथ यह बढ़ गया।

- भारण दरों के अध्ययन से पता चलता है कि खरोंच परीक्षणों के दौरान भारण दर का एक इष्टतम ऊपरी मान होता है। वर्तमान अध्ययन में यह 50 N/मिनट है।

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिन्दी शब्दावली
Acoustic detector	ध्वनिक संसूचक
Adhesiveness evaluation	आसंजनशील मूल्यांकन
Coating	विलेपन
Cohesive	ससंजन
Delamination	विस्तरण/विसंयोजन
Diamond indentor	हीरा दंतुरक
Disjunction	विसंयोजन
Loading rate	भारण दर
Optical microscopy	प्रकाशिक सूक्ष्मदर्शिकी
Scratch test	आखुरण/खरोंच परीक्षण
Shock wave burst	प्रघाती तरंग प्रस्फोट
Spallation	समुत्खंडन
Substrate	अवस्तर
Ultrasonic	पराश्रव्य

संदर्भ

1. Koller C.M., Hollerweger R., Sabitzer C., Rachbauer R., Kolozsvari S., Paulitsch, J. and Mayrhofer, P. H. (2014). Thermal stability and oxidation resistance of arc evaporated TiAlN, TaAlN, TiAlTaN, and TiAlN/TaAlN coatings, Surface and Coatings Technology, 259, 599-607.
2. Chi-Lung Chang and Fu-Chi Yang (2018). Effect of target composition on the microstructural, mechanical, and corrosion properties of TiAlN thin films deposited by high-power impulse magnetron sputtering, Surface & Coatings Technology, 352, 330-337.
3. Liu L., Tang W., Zhou L., Wu Z. and Chu P.K. (2020). Comparative study of TiAlN coatings deposited by different high-ionization physical vapor deposition techniques, Ceramics International, In press, Available online 11 January 2020, https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.01.092.
4. Othman, M. F. and Bushroa, A. R. (2015). Evaluation techniques and improvements of adhesion strength for TiN coating in tool applications: A review, Journal of Adhesion Science and Technology, 29(7), 569-591.

शोध पत्र / **Research Paper**

मृदा स्थिरीकरण पर ई–वायर अपशिष्ट के प्रभाव का विश्लेषण
Analysis of the Effect of E-wire Waste on Soil Stabilization

नारायण बंसल[1] एवं राजीव जैन[2]

Narayan Bansal[1] and Rajeev Jain[2]

[1,2]Department of Civil Engineering,
Samrat Ashok Technological Institute,
Vidisha - 464001 (M.P.)
bansalnarayan92@gmail.com[1], jain35rajeev@rediffmail.com[2]

https://doi.org/10.5281/zenodo.17954267

सारांश

महीन दाने वाली मिट्टी या विघटित चट्टानें जो नमी की मात्रा में भिन्नता पर महत्वपूर्ण मात्रा में परिवर्तन प्रदर्शित करती हैं, उन्हें काली मिट्टी (Black cotton soil) के रूप में जाना जाता है। काली कपास मिट्टी के फूलने और सिकुड़ने का व्यवहार जलवायु और मौसमी परिवर्तनों के तुरंत प्रभावित होने के कारण होता है। काली कपास मिट्टी, पानी के संपर्क में आने पर लगभग 2 से 3 गुना मात्रा में परिवर्तन प्रदर्शित करती है। यह काफी संभव है कि काली मिट्टी में मॉन्टमोरिलोनाइट नामक मिट्टी के खनिज शामिल हों। इस अध्ययन में आमतौर पर विद्युतीकरण के लिए उपयोग किए जाने वाले बिजली के ई–तारों (E-wires) का उपयोग किया गया है। चूंकि पॉली प्रॉपिलीन फाइबर गैर विषाक्त है, संक्षारण प्रतिरोधी है और इसमें उच्च तन्यता ताकत है। यह मिट्टी के सुदृढीकरण के लिए सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली सिंथेटिक सामग्रियों में से एक है। जैसे–जैसे शहरीकरण और आधुनिकीकरण बढ़ता जा रहा है, ई–तार का उपयोग भी उसी तरह से बढ़ रहा है और यह आसानी से विघटित नहीं होता है। इसलिए, इस शोध में प्राकृतिक नमी सामग्री (Natural water content), तरल सीमा (Liquid Limit), प्लास्टिक सीमा (Plastic Limit), विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity), ओएमसी–एमडीडी (OMC-MDD) और सीबीआर (California Bearing ratio) जैसे विभिन्न परीक्षण प्राकृतिक मिट्टी पर लागू किए गए हैं और फिर प्राकृतिक काली कपास मिट्टी और ई–तारों के संयोजन पर विभिन्न परीक्षण किए गए हैं। जिसमें काली कपास मिट्टी के वजन से 5%, 7% और 9% ई–तार लिए गए। तुलनात्मक विश्लेषण परिणामों और चर्चा में किया गया है।

Abstract

Fine-grained soils or decomposed rocks that exhibit significant volume changes on variations in moisture content are known as expansive soils. The behavior of swelling and shrinking of black cotton soil occurs due to immediately impacted by climatic and seasonal changes. Black cotton soil exhibits change in volume approximately 2 to 3 times on coming in the contact with water. It is quite probable that the expansive soils include clay minerals known as montmorillonite. In this study, the electric wires are typically utilized for electrification are used. Since polypropylene fiber is non-toxic, resistant to corrosion and has a high tensile strength, it is one of the most often used synthetic materials for soil reinforcement. As the urbanization and modernization is increasing day by day, the use of E-wires are also increasing in similar manner and it does not decompose easily. Hence, in this research the various tests like natural moisture content, liquid limit, plastic limit, specific gravity, OMC-MDD and CBR are applied to natural soil and then various tests applied on

the combination of natural black cotton soil and E-wires like 5%, 7% and 9% of E-wires by weight of black cotton soil. The comparison has been carried out in the results and discussion.

मुख्य शब्द : काली मिट्टी, काली मिट्टी का स्थिरीकरण, ई–तार, ओएमसी, एमडीडी, कैलिफॉर्निया बीयरिंग अनुपात, तरल सीमा, प्लास्टिक सीमा

Keywords : Black cotton soil, Stabilization of expansive soil, E-wires, optimum moisture content, maximum dry density, California Bearing Ratio, liquid limit, plastic limit

परिचय

सिविल इंजीनियर को विभिन्न प्रकार की मिट्टी जैसे कमजोर मिट्टी, मजबूत, नरम और कठोर मिट्टी में निर्माण कार्य करना पड़ता है।[1] एक सिविल इंजीनियर के लिए नरम, कमजोर मिट्टी या ढीली मिट्टी पर कोई संरचना बनाना बहुत मुश्किल होता है। इसलिए भार वहन क्षमता बढ़ाने और मिट्टी को मजबूत करना वांछनीय है, इसे मिट्टी स्थिरीकरण (Soil Stabilization) नामक तकनीक द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। यह मिट्टी की कतरनी ताकत (Shear Strength) को बढ़ाता है और मिट्टी की सिकुड़न (Shrinkage), सूजन (Swelling) के गुणों को नियंत्रित करता है, जिससे ताकत में सुधार होता है। [2]

भारत में आम तौर पर विस्तृत मिट्टी को काली कपास मिट्टी कहा जाता है और यह भारत के कुल भूमि क्षेत्र का लगभग 20% पाई जाती है। [3] औसतन यह गणना की जाती है कि भारत ने लगभग पाँचवें क्षेत्र को विस्तृत मिट्टी से ढक दिया। [4] ऐसी मिट्टी को स्थिर करने के लिए कई तरीके शामिल हैं जैसे कि रासायनिक, यांत्रिक, चूना जोड़ना, रेत कुशन, एकजुट गैर सूजन, सीएनएस परत, मिट्टी प्रतिस्थापन और थर्मल स्थिरीकरण आदि [5]। इन सभी तरीकों में से नहर अस्तर के आधार में एकजुट गैर सूजन वाली मिट्टी सबसे अच्छी तकनीक है।

भवन निर्माण उद्योग में पर्यावरण के अनुकूल, कम लागत और हल्के वजन वाली निर्माण सामग्री के उपयोग की लोकप्रियता में वृद्धि ने यह जांच करने की आवश्यकता पैदा कर दी है कि पर्यावरण को लाभ पहुंचाने के साथ–साथ मानकों में पुष्टि की गई सामग्री की आवश्यकता को बनाए रखते हुए मृदा स्थिरीकरण कैसे प्राप्त किया जा सकता है। [6]

चित्र 1 : अपशिष्ट ई–तार

ई–तार हर प्रकार के निर्माण में दिन–प्रतिदिन बढ़ती हुई उपयोगी और लोकप्रिय सामग्री में से एक है। जरूरत के समय ई–तार बहुत उपयोगी साबित होता है लेकिन उपयोग के बाद इसे यूं ही फेंक दिया जाता है, जिससे तमाम तरह के खतरे पैदा होते हैं। इसलिए ठोस कचरे में ई–वायर कचरे की मात्रा तेजी से बढ़ रही है। यह अनुमान लगाया गया है कि विस्तार की दर हर 10 साल में दोगुनी हो जाती है। इसका कारण जनसंख्या में तेजी से वृद्धि, शहरीकरण, विकासात्मक गतिविधियाँ और जीवन शैली में बदलाव है जिसके कारण बड़े पैमाने पर कूड़ा–कचरा फैल रहा है।

साहित्य समीक्षा

काली कपास मिट्टी को और अधिक स्थिर बनाने के प्रयास में निर्माण उद्देश्यों हेतु इसे स्थिर करने के लिए कई सामग्रियों और तकनीकों का उपयोग किया गया है। मिट्टी के इंजीनियरिंग गुणों को बेहतर बनाने के लिए माइक्रोस्ट्रक्चरल इंटरैक्शन, रसायनिक प्रक्रिया, आर्थिक निहितार्थ, नैनोटेक्नोलॉजी अनुप्रयोग व अपशिष्ट का पुनः उपयोग और स्थिरता पर कार्य किया जाता है। व्यापक मृदा स्थिरीकरण के रुझानों को तीन श्रेणियों अर्थात् भू–पर्यावरणीय, मानकीकरण और अनुकूलन मुद्दे के साथ प्रस्तुत किया गया है। पूर्वानुमानित मॉडलिंग और अन्वेषण विधियों जैसी तकनीकें जैसे

कि विश्वसनीयता आधारित डिज़ाइन, अनुकूलन प्रतिक्रिया, सतह पद्धति, आयामी विश्लेषण और मिट्टी के व्यापक स्थिरीकरण को सुनिश्चित करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता तकनीक का भी प्रस्ताव रखा गया। [7]

वहीदुल्लाह के अनुसार काली मिट्टी को स्थिर करने के लिए कई अपशिष्ट पदार्थ उपलब्ध हैं। चिकनी मिट्टी को मजबूत करना आर्थिक रूप से लाभदायक है। नैनो सिलिका, सफेद सीमेंट, फ्लाई ऐश, कॉपर स्लैग, लाल मिट्टी, ब्लास्ट फर्नेस स्लैग इत्यादि उपलब्ध हैं जो पर्यावरण के अनुकूल हैं। चिकनी मिट्टी के स्थिरीकरण की तकनीकों पर भी चर्चा की गई है। [5]

वर्तमान कार्य का उद्देश्य तन्य जियोग्रिड का उपयोग करने की व्यवहार्यता की खोज करना व प्लास्टिक मिट्टी की सूजन को नियंत्रित करना है। मिट्टी पर ओडोमीटर से सूजन परीक्षण करके आशाजनक परिणाम सामने आए। अलग–अलग प्लास्टिसिटी की मिट्टी में एम्बेडेड अलग–अलग कठोरता मूल्यों के जियोग्रिड बढ़ने के साथ सूजन में कमी आई। वहीं एक फुटिंग मॉडल परीक्षण की प्रभावशीलता की पुष्टि की। [8]

इस अध्ययन में उच्च प्लास्टिसिटी सक्रिय मिट्टी की सूजन क्षमता को कम करने के लिए मिट्टी की जांच की गई है और इसकी तुलना चूना स्थिरीकरण विधि से की गई है। रेत व बेंटोनाइट मिश्रण पर एक ओडोमीटर उपकरण का उपयोग करके सूजन और सिकुड़न के भांति–भांति संभावित परीक्षण किए गए थे जिन्हें मिश्रण के तुरंत बाद कॉम्पैक्ट किया गया था।

पानी के साथ 3 दिन की मुक्त सूजन की अनुमति देने के बाद उसी संरचना के विभिन्न नमूनों पर परीक्षण दोहराया गया। अतिरिक्त परीक्षण गीले संघनन के साथ और उसके बिना चूने के स्थिरीकृत नमूनों पर किए गए परीक्षण से गीले संघनन की तुलना संभव हो पाई। चूना स्थिरीकरण परीक्षण के नतीजों से पता चला कि गीला संघनन रेत–बेंटोनाइट की सूजन क्षमता को कम कर देता है। इस प्रकार से यह मिश्रण उच्च प्लास्टिसिटी वाली मिट्टी की सूजन क्षमता को कम करने के लिए बेहतर तकनीक के रूप में काम कर सकता है। हालाँकि जैसा कि अपेक्षित था, चूने का उपचार बेहतर पाया गया। [9]

इस अध्ययन का उद्देश्य विस्तृत परिस्थितियों में मिट्टी की सूजन को कम करने में पौधों के रेशों की प्रभावकारिता का आकलन करना है। मिट्टी पर परीक्षण और मार्ल मिट्टी में अल्फा जूट और सिसल फाइबर की वृद्धिशील मात्रा 1%, 3%, 9%, और 18% शामिल है।

रेशों के बिना मिट्टी में काफी सूजन आ गई लेकिन उनके शामिल किए जाने से समस्या प्रभावी रूप से कम हो गई। सिसल रेशे ने 18% पर सबसे अधिक प्रभावशीलता दिखाई, उसके बाद जूट फाइबर और उसके बाद अल्फा फाइबर मिलाकर आकलन किया गया। विभिन्न प्रकार के फाइबर संयोजन ने समग्र स्थिरता में सुधार किया। चिकनी मिट्टी ने मार्ल मिट्टी से बेहतर प्रदर्शन किया। निष्कर्ष, लागत और प्रभावशीलता पर प्रकाश दिया गया और मिट्टी की सूजन के खिलाफ समाधान के रूप में पौधों के रेशों की पर्यावरण मित्रता पर भी विचार किया गया। [10]

चित्र 2 : मिट्टी स्थिरता के फायदे

विस्तृत मिट्टी उष्णकटिबंधीय मिट्टी के उदाहरणों में से एक है। ये मिट्टी सिविल अभियंताओं के लिए समस्याएँ खड़ी करती हैं। सामान्य और विशेष रूप से भू–तकनीकी अभियंताओं के लिए वे अपनी क्षमता के कारण उनमें स्थापित संरचनाओं को नुकसान पहुंचाते

हैं। क्योंकि बड़े बदलावों से गुजरने की उनकी क्षमता, सिविल इंजीनियरिंग संरचनाएं जैसे नींव, रिटेनिंग दीवारें, फुटपाथ, हवाई अड्डे, साइड वॉक, नहर तल और लाइनिंग को इसका प्रतिकार करने के लिए विभिन्न नवीन पद्धतियाँ तैयार की गई हैं। आयतन परिवर्तन की समस्या और संरचनाओं की सुरक्षा के लिए शोध पत्र समस्याओं और समाधानों पर विस्तार से चर्चा करता है। [11]

अर्पण सेन और ऋषभ कश्यप ने अपशिष्ट फाइबर सामग्री का उपयोग करके मिट्टी स्थिरीकरण पर अपना काम प्रस्तुत किया। उनके अध्ययन का मुख्य उद्देश्य भू–तकनीकी अनुप्रयोगों में अपशिष्ट फाइबर सामग्री के उपयोग की जांच करना और दो अलग–अलग मिट्टी के नमूनों पर प्रत्यक्ष कतरनी परीक्षण (Shear strength test) और अपुष्ट संपीड़न परीक्षण (unconfined compression test) करके असंतृप्त मिट्टी (unsaturated soil) की कतरनी ताकत पर अपशिष्ट पॉलीप्रोपाइलीन फाइबर के प्रभावों का मूल्यांकन करना है। प्राप्त परिणामों की तुलना दो नमूनों से की जाती है और लागत प्रभावी दृष्टिकोण के रूप में गहरी नींव या बेड़ा नींव के प्रतिस्थापन के रूप में फाइबर सुदृढीकरण की उपयोगिता और प्रभावशीलता के बारे में निष्कर्ष निकाले जाते हैं। [12]

1. अपशिष्ट पदार्थ

मिट्टी का सुदृढ़ीकरण बिजली के तारों द्वारा किया गया है जो भवन या किसी अन्य संरचना के विद्युतीकरण के बाद उत्पन्न अपशिष्ट पदार्थ हैं। जिसके कुछ गुण नीचे बताए गए हैं –

तालिका 1 : उपयोग में लिए गए ई–तारों के गुण

गुण	मात्रा
पहलू अनुपात (लंबाई / व्यास)	2 : 1
औसतन व्यास	1.6 mm
औसतन लंबाई	3.32 mm
विशिष्ट गुरुत्व	2.51
यूनिट वजन	1200 kg/m^3

2. सामग्री की तैयारी व तरीका

प्राकृतिक मिट्टी को साइट से एकत्र किया गया और मिट्टी प्रयोगशाला में लाई गई और हवा में सुखाने के लिए फैलाया जाता है। इसके बाद कार्बनिक पदार्थों, मोटे कणों, घास की टहनियों आदि को छांटने के लिए मिट्टी की स्क्रीनिंग की जाती है। इसके बाद मिट्टी के सूचकांक गुणों का पता लगाया जाता है और फिर ई–वायरों का मिश्रण किया जाता है। ई–तारों को मिट्टी में मिलाने के लिए निम्नलिखित चरणों का पालन करना होगा– मिट्टी के नमूनों को मानक प्रॉक्टर संघनन परीक्षणों के अनुरूप उनके संबंधित अधिकतम ओएमसी, एमडीडी पर संकुचित किया जाता है।

- वर्तमान अध्ययन में फाइबर सुदृढीकरण के लिए काली मिट्टी के वजन का 0%, 5%, 7%, और 9% प्रतिशत लिया गया है।
- नमूनों की तैयारी में यदि फाइबर का उपयोग नहीं किया जाता है तो हवा में सूखने वाली मिट्टी को पानी की मात्रा के साथ मिलाया जाता है जो मिट्टी की ओएमसी पर निर्भर करता है।
- यदि फाइबर सुदृढीकरण का उपयोग किया जाता है तो फाइबर की अपनाई गई सामग्री को पहले हाथ से छोटे–छोटे चरणों में हवा में सुखाई गई मिट्टी में मिलाया गया था, यह सुनिश्चित करते हुए कि सभी फाइबर अच्छी तरह से मिश्रित हो गए, ताकि एक व्यावहारिक रूप से समरूप मिश्रण प्राप्त हो और फिर आवश्यकतानुसार पानी डाला गया।

तालिका 2 : उपयोग में लिए गए ई–तारों का संयोजन

नमूना	संयोजन
BCS + 0% E-wires	काली मिट्टी व ई–तार 0%
BCS + 5% E-wires	काली मिट्टी व ई–तार 5%
BCS + 7% E-wires	काली मिट्टी व ई–तार 7%
BCS + 9% E-wires	काली मिट्टी व ई–तार 9%

3. काली मिट्टी पर विभिन्न परीक्षण

तालिका 3 : प्राकृतिक काली मिट्टी में बिना ई–तार के मिश्रण के किए गए परीक्षणों के परिणाम

परीक्षण	परिणाम
प्राकृतिक नमी (Natural water content)	10%
तरल सीमा (Liquid Limit)	42%
प्लास्टिक सीमा (Plastic Limit)	29%
प्लास्टिसिटी सूचकांक (Plasticity Index)	10%
विशिष्ट गुरुत्वाकर्षण (Specific Gravity)	2.351

4. काली मिट्टी के साथ ई–तार पर विभिन्न परीक्षण

क. अटरबर्ग सीमा

5%, 7% और 9% ई–तार को मिट्टी में मिलाने पर तरल सीमा क्रमशः 9.75%, 24.39% और 39.02% कम हो जाती है।

तालिका 4 : प्राकृतिक काली मिट्टी में और ई–तार के मिश्रण के किए गए परीक्षणों के परिणाम

नमूना	तरल सीमा% (25 वार के अनुरूप)
BCS + 0% E-wires	41
BCS + 5% E-wires	37
BCS + 7% E-wires	31
BCS + 9% E-wires	25

ख. संघनन परीक्षण

5%, 7% और 9% जोड़ने पर मिट्टी का एमडीडी, मिट्टी के वजन के अनुसार ई–वायर क्रमशः 1.83 gm/cc, 1.87 gm/cc और 1.89 gm/cc पाया जाता है और संबंधित ओएमसी क्रमशः 11.7%, 10.90% और 10.20% पाया जाता है।

तालिका 5 : प्राकृतिक काली मिट्टी में और ई–तार के मिश्रण के किए गए परीक्षणों के परिणाम

नमूना	नमी मात्रा % (OMC)	MDD (gm/cc)
BCS + 0% E-wires	13.75	1.80
BCS + 5% E-wires	11.70	1.83
BCS + 7% E-wires	10.90	1.87
BCS + 9% E-wires	10.20	1.89

ग. California Bearing Ratio Test (सीबीआर)

5%, 7% और 9% ई–तार को मिट्टी में मिलाने पर मिट्टी की भीगी सीबीआर (Soaked CBR) मान क्रमशः 12.5%, 107.2% और 151.1% बढ़ जाता है।

तालिका 6 : प्राकृतिक काली मिट्टी में और ई–तार के मिश्रण के किए गए परीक्षणों के परिणाम

नमूना	सीबीआर % (2.5 mm के अनुरूप)	सीबीआर % (5 mm के अनुरूप)
BCS+0 % E-wires	4.96	3.69
BCS+5 % E-wires	5.58	4.92
BCS+7 % E-wires	10.27	9.80
BCS+9 % E-wires	12.49	10.39

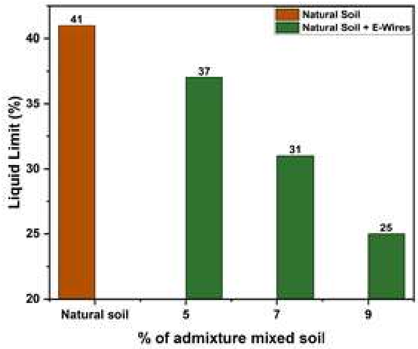
निष्कर्ष

वर्तमान प्रायोगिक अध्ययन से उल्लेखनीय है कि ई–वायर अपशिष्ट काली मिट्टी के स्थिरीकरण में महत्वपूर्ण योदान दे रही है। 5%, 7% और 9% ई–तार को काली मिट्टी में मिलाने पर और भांति–भांति प्रयोग किए गए। प्रयोगों के परिणाम के आधार पर यह पता चला कि जैसे–जैसे ई–तार की मात्रा बढ़ाते गए वैसे–वैसे काली मिट्टी में सकारात्मक व प्रभावी बदलाव दिखने लगे। इससे ई–तारों के अपशिष्टों को भी इस्तेमाल किए जाने में मदद मिलेगी और पर्यावरण भी दूषित होने से बच सकेगा। अतः प्राकृतिक मिट्टी के साथ मिश्रित होने पर ई–तारों ने प्रभावी परिणाम दिखाए हैं। साहित्य की समीक्षा में भी पता चलता है कि ई–वायर अपशिष्ट से मिट्टी सुदृढ़ होती है।

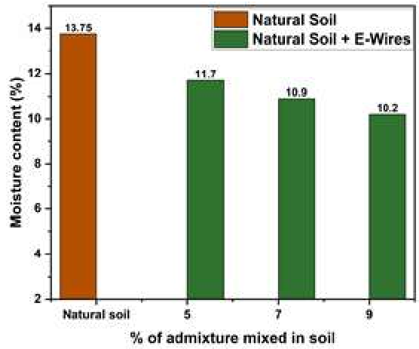
उपचारित और अनुपचारित मिट्टी के परिणामों की तुलना

यहां उपचारित और अनुपचारित मिट्टी के परिणामों को आलेख के माध्यम से समझाया गया है। जिसमें तरल सीमा, ओएमसी, एमडीडी व सीबीआर के परिणामों को प्राकृतिक मिट्टी से तुलना किया गया है।

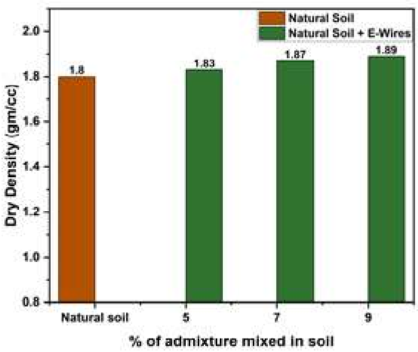
क. मिट्टी के संबंध में तरल सीमा की तुलना



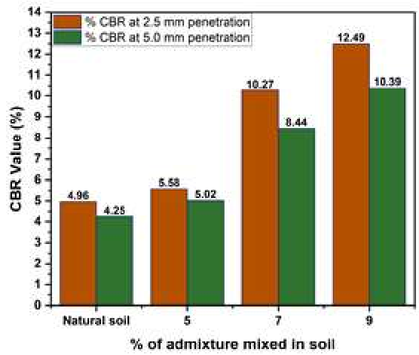
ख. उपचारित और अनुपचारित मिट्टी की ओएमसी की तुलना



ग. उपचारित और अनुपचारित मिट्टी के एमडीडी की तुलना



घ. उपचारित और अनुपचारित मिट्टी के सीबीआर वेल्यू की तुलना



वर्तमान अध्ययन विस्तारित मिट्टी के स्थिरीकरण में ई–तारों का उपयोग करने के लिए एक प्रभावी विधि के रूप में काम कर सकता है। निष्कर्ष ई–तारों के अलग–अलग प्रतिशत के साथ प्राकृतिक मिट्टी पर किए गए परीक्षणों पर आधारित हैं।

- यूएससीएस वर्गीकरण ने प्राकृतिक मिट्टी को मध्यम प्लास्टिसिटी (OI) की कार्बनिक मिट्टी के रूप में वर्गीकृत किया है।
- परिणाम से पता चलता है कि ई–तारों ने विस्तृत मिट्टी की ताकत विशेषताओं और सूजन व्यवहार को बेहतर बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।
- ई–तारों को जोड़ने पर प्राकृतिक मिट्टी की तरल सीमा कम हो जाती है।
- जैसे–जैसे बिजली के तारों का प्रतिशत बढ़ता है, प्राकृतिक मिट्टी की ओएमसी कम होने के साथ एमडीडी बढ़ जाती है।

- इलाज और संघनन मापदंडों जैसे कुछ कारकों का समय के साथ उपचारित मिट्टी के सीबीआर परीक्षण द्वारा मापी गई ताकत पर काफी प्रभाव पड़ता है और नींव के काम के दौरान इसे ध्यान में रखा जाना चाहिए।
- यह पाया गया है कि मिट्टी के साथ ई–तारों के संयोजन के लिए ताकत गुणों में अधिकतम सुधार हुआ है। इससे तटबंधों और फुटपाथ निर्माणों दोनों में विस्तृत मिट्टी के गुणों में सुधार के लिए औद्योगिक और घरेलू कचरे का अनुप्रयोग खोजने में मदद मिलती है। ई–तारों में मिट्टी के भू–तकनीकी अनुप्रयोग में उपयोग की अच्छी संभावना है, यह निर्माण परियोजनाओं पर समय और पैसा बचाने का एक सिद्ध तरीका है।
- अतः मृदा स्थिरीकरण हेतु भांति–भांति प्रकार के अपशिष्ट पदार्थों को प्रयोग में लाया जा सकता है परंतु इलेक्ट्रिक तार एक घरेलू व औद्योगिक अपशिष्ट होने के साथ ही मृदा स्थिरीकरण में अहम भूमिका निभाता है।

सामग्री और खुराक के चयन के अलावा इस पद्धति की प्रभावशीलता को नियंत्रित करने वाले कई अन्य कारक भी हैं जैसे मिश्रण और प्रसार, रोलर का चयन, संघनन परत की मोटाई, संघनन प्रयास, वातावरण, जल वायु परिस्थितियां आदि हैं। [13]

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिंदी शब्दावली
Fine grained soil	बारीक दाने वाली मिट्टी
Soil stabilization	मृदा स्थिरीकरण
Liquid limit	तरल सीमा
Expansive soil	विस्तृत मिट्टी
Optimum Moisture Content	इष्टतम नमी मात्रा
Maximum Dry Density	अधिकतम शुष्क घनत्व

संदर्भ

[1] D. Novianto, T. Rochman, The experimental procedures of sand and lime as base soil stabilization materials on the modified proctor values for flexible pavement construction, MethodsX 11 (2023) 102473.

[2] B. Soundara, S. Selvakumar, Swelling behaviour of expansive soils randomly mixed with recycled geobeads inclusion, SN Appl. Sci. 1 (2019) 1-7.

[3] K.S.S. Rao, Swell-Shrink Behaviour of Expansive Soils-Geotechnical Challenges, Indian Geotech. J. 30 (2000).

[4] N. Tiwari, N. Satyam, Coupling effect of pond ash and polypropylene fiber on strength and durability of expansive soil subgrades: An integrated experimental and machine learning approach, J. Rock Mech. Geotech. Eng. 13 (2021) 1101-1112.

[5] W. Safi, S. Singh, Efficient & effective improvement and stabilization of clay soil with waste materials, Mater. Today Proc. 51 (2021) 947-955.

[6] B.B. Broms, U. Anttikoski, Soil Stabilization., Proc. Eur. Conf. Soil Mech. Found. Eng. 3 (1984) 1289-1315.

[7] C.C. Ikeagwuani, D.C. Nwonu, Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review, J. Rock Mech. Geotech. Eng. 11 (2019) 423-440.

[8] R.R. Al-Omari, F.J. Hamodi, Swelling resistant geogrid-A new approach for the treatment of expansive soils, Geotext. Geomembranes 10 (1991) 295-317.

[9] G.J. Kasangaki, I. Towhata, Wet compaction and lime stabilization to mitigate volume change potential of swelling clayey soils, Soils Found. 49 (2009) 813-821.

[10] A. El Majid, K. Baba, Y. Razzouk, Assessing the impact of plant fibers on swelling parameters of two varieties of expansive soil, Case Stud. Chem. Environ. Eng. 8 (2023) 100408.

[11] B.R. Phanikumar, R. Singla, Swell-consolidation characteristics of fibre-reinforced expansive soils, Soils Found. 56 (2016) 138-143.

[12] A. Sen, R. Kashyap, Soil stabilization using waste fibre materials, (2019).

[13] M.R. Hall, K.B. Najim, P. Keikhaei Dehdezi, Soil stabilisation and earth construction: Materials, properties and techniques, Mod. Earth Build. Mater. Eng. Constr. Appl. (2012) 222-255.

शोध पत्र / **Research Paper**

डीप लर्निंग तकनीकों का उपयोग करके आड़ू के पौधों में पत्ती की छवियों के माध्यम से रोगों का पता लगाना

Detection of Diseases in Peach Plants Through Leaf Images Using Deep Learning Techniques

सिमरन गुल[1], परविंदर सिंह[2], सुरिंदर सिंह खुराना[3] एवं परमजीत सिंह[4]

Simran Gull[1], Parvinder Singh[2], Surinder Singh[3] and Paramjeet Singh[4]

[1,2,3]Central University of Punjab, Bathinda, Punjab, India

[4]National Informatic Center, Sri Ganganagar, Rajasthan, India

simrangull19@gmail.com[1], parvinder.singh@cup.edu.in[2],

surinder.singh@cup.edu.in[3], paramjeet.singh@nic.in[4]

https://doi.org/10.5281/zenodo.17954305

सारांश

एआई आधारित (AI based) विधियों द्वारा पौधों में रोग की जांच करना उपयोगी होता है क्योंकि इसके परिणाम स्वरुप सामान्यतः प्रारंभिक अवस्था में रोगों की जांच एवं उनके अनुमान की प्रक्रिया में लगने वाले समय में कमी आती है। पौधों में रोग उनकी उत्पादकता और आर्थिक नुकसान का कारण बनते हैं। आड़ू का पौधा अधिक रोग ग्रस्त होता है जिसके परिणाम स्वरुप आड़ू की फसल का उत्पादन कम हो जाता है। आड़ू के पत्तों में बैक्टीरियल स्पॉट (जीवाणु धब्बे), लीफ कर्ल (पत्ती मरोड़) और लीफ रस्ट (पत्ती का रतुआ) जैसे रोग आमतौर पर पाए जाते हैं जिन्हें आम आदमी द्वारा पहचाना नहीं जा सकता है। कई अध्ययनों ने बैक्टीरियल स्पॉट रोग की जांच की है जबकि लीफ कर्ल और लीफ रस्ट जैसी अन्य बीमारियों पर अपेक्षित ध्यानाकर्षण नहीं हो पाया है। इस शोध पत्र में आड़ू के पौधे में डीप कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क (Deep Convolutional Neural Networks) का उपयोग करके रोगों का पता लगाने के लिए एक स्वचालित प्रणाली विकसित करने की तकनीकी का सुझाव दिया गया है। इस मॉडल के अंतर्गत पौधे की पत्तियों का उपयोग करके आड़ू के पौधे में रोगों की पहचान की जा सकती है। लीफ कर्ल और लीफ रस्ट का डाटासेट भारत के कश्मीर क्षेत्र से मैन्युअल रूप से एकत्रित किया गया है, जबकि बैक्टीरियल स्पॉट के लिए डाटासेट ऑनलाइन प्लेटफॉर्म से डाउनलोड किया गया है। संयुक्त डाटासेट का उपयोग, डीप लर्निंग मॉडलों, सीएनएन (CNN) तथा इनसेप्शन V3 (Inception V3) को प्रशिक्षित करने के लिए किया गया है। इसके अलावा, सीएनएन और इंसेप्शन वी 3 के बीच तुलनात्मक विश्लेषण किया गया, जहां सीएनएन को 84.78% की परीक्षण सटीकता (TestingAccuracy) मिली और इंसेप्शन वी 3 ने सीएनएन से बेहतर प्रदर्शन करते हुए 96.00% की परीक्षण सटीकता दिखाई है।

Abstract

Detection of diseases in plants by automatic methods is very useful as it reduces the time consumed to monitor diseases and their prediction at early stages. The diseases in plants cause significant productivity and economic losses. The peach plant is very prone to diseases which results in the decline of peach crop production. Diseases like Bacterial Spot, Leaf Curl, and Leaf Rust are commonly found in peach leaves which can't be identified by laymen. Several studies have investigated the Bacterial Spot disease, while other diseases like Leaf Curl and Leaf Rust didn't get much interest. In this paper, we have suggested a strategy to develop an automatic system for disease detection in the peach plant using deep convolutional neural networks. This model can

be used to identify diseases in the peach plant using the leaves of the plant. The dataset used has been collected manually from the Kashmir region for Leaf Curl and Leaf Rust, while for Bacterial Spot it has been downloaded from an online platform. The combined dataset was trained using CNN and Inception V3 models. Further, the comparative analysis between CNN and Inception V3 was done where CNN got a testing accuracy of 84.78% and Inception V3 showed a testing accuracy of 96% outperforming the CNN model.

मुख्य शब्दः बैक्टीरियल स्पॉट, सीएनएन, डिजिटल इमेज प्रोसेसिंग, इंसेप्शन V3, पत्ती रोग।

Key words: Bacterial Spot, CNN, Digital Image Processing, Inception V3, Plant Disease.

परिचय

भारत एक कृषि प्रधान देश है जहाँ देश की अधिकांश जनसंख्या प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से कृषि पर निर्भर है। फसलों में पाए जाने वाले रोग एक गंभीर समस्या हैं, जो कृषि उत्पादन को प्रभावित करती है। [1] एफएओ के अनुसार, कृषिजीवी जनसंख्या, भारत की कुल जनसंख्या का 67 प्रतिशत है, कृषि का सकल घरेलू उत्पाद में 39.4% हिस्सा है, और कृषि वस्तुओं का निर्यात 43% है। गत कुछ वर्षों में, फसल उत्पादन के लिए अधिक भूमि समर्पित की गई है, और किसान भी कई क्षेत्रों में उर्वरकों, कीटनाशकों और जैविक खाद जैसे आदानों के उपयोग के माध्यम से पैदावार बढ़ाने में सफल हुए हैं। यदि हम विशेष रूप से जम्मू और कश्मीर के बारे में बात करते हैं तो कृषि उत्पादन राज्य के राजस्व का लगभग 65% योगदान देता है जो कृषि उत्पादन पर हमारी निर्भरता को दर्शाता है। विचारणीय मुख्य कारकों में से प्रमुख उचित भूमि उपयोग और सही समय पर फसलों में रोगों का पता लगाना है। चूंकि उपलब्ध कृषि योग्य भूमि सीमित है, इसलिए जनसंख्या की बढ़ती जरूरतों को पूरा करने के लिए खेती में इनका उपयोग योजनाबद्ध तरीके से किया जाना चाहिए। रोग का समय पर पता लगाना एक बड़ी आवश्यकता है क्योंकि कई फसलों में ऐसी बीमारियां होती हैं जो पूरी फसल को नष्ट कर देती हैं। आड़ू के पौधे की बात करें तो दुनिया भर में पैदा होने वाले कुल आड़ू में से केवल 16% का ही व्यापार होता है, बाकी 84% या तो कुछ बीमारियों के कारण या उत्पाद के संरक्षण संबंधित ज्ञान के अभाव में नष्ट हो जाते हैं। सटीक कृषि (Precision agriculture) अपेक्षाकृत नवीन अवधारणा है, और अधिकांश किसान इस बात से अनजान हैं कि यह क्या होती है। इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT), सेंसर, पोजिशनिंग सिस्टम, रोबोट और कृत्रिम बुद्धिमत्ता (Artificial Intelligence) जैसी तकनीकों का खेत में उपयोग स्मार्ट कृषि के रूप में जाना जाता है। इसका सर्वोत्तम लक्ष्य आवश्यक मानव कार्यभार को कम करते हुए फसलों की विविधता, अधिकता और गुणवत्ता में सुधार करना है। पौधों की बीमारी का पता लगाने के क्षेत्र में बहुत सारे शोध कार्य किए गए हैं। अधिकांश परिस्थितियों में रोगों की जानकारी उस समय होती है जब फल सहित पौधे के अन्य भाग प्रभावित हो जाते हैं। इस शोध में, एक मॉडल विकसित किया गया है जो डीप लर्निंग तकनीकों पर आधारित है, जो पत्तियों की छवियों (इमेज) का उपयोग करके आड़ू के पौधे में बीमारियों का पूरी तरह से पता लगाएगा ताकि हम जल्द से जल्द बीमारी का अनुमान लगा सकें और समय रहते संबंधित बीमारी के निदान एवं फसल के संरक्षण के लिए आवश्यक कदम बढ़ा सकें [2]।

साहित्य समीक्षा

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके स्मार्ट कृषि के विकास की दिशा में गत कुछ वर्षों में काफी शोध कार्य किए गए हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग फसल संबंधित पूर्वानुमानों में किया जाता है जिनमें प्रमुख हैं: मौसम का पूर्वानुमान, हवा की गति का पूर्वानुमान [3], महामारियों का पूर्वानुमान [4], तथा पौधे के विकास प्रतिधारण की भविष्यवाणी [5]। पिछले कार्यों से पता चलता है कि पौधों के लिए रोग का पता लगाने वाली प्रणाली विकसित करने के लिए शोधकर्ताओं द्वारा विभिन्न प्रयास किए गए हैं

और किए जा रहे हैं। शोधकर्ताओं द्वारा पौधों की बीमारियों का पता लगाने और इन बीमारियों को वर्गीकृत करने के लिए विभिन्न तकनीकों का विकास और उनको प्रस्तावित किया गया है। इस प्रकार की शोध, [6] ने एक स्वचालित प्रणाली (Automated System) की शुरुआत की, जिसे बीमारियों के कारण पौधों में होने वाले रूपात्मक परिवर्तनों के आधार पर चावल के पौधों की पत्ती में रोवन स्पॉट और लीफ ब्लास्ट रोगों के वर्गीकरण के लिए विकसित किया गया था। एसवीएम (SVM) और बेयस क्लासिफायर (Bayes Classifier) का उपयोग पौधों को दोषपूर्ण और स्वस्थ श्रेणी में वर्गीकृत करने के लिए किया गया है। उन्हें जो वर्गीकरण सटीकता मिली वह क्रमशः 79.5% और 68.1% थी। पुजारी एवं अन्य [7] ने इमेज प्रोसेसिंग का उपयोग करते हुए विभिन्न पौधों पर कवक रोग के लक्षणों की पहचान और वर्गीकरण करने के लिए इस्तेमाल किए गए एक अध्ययन की शुरुआत की। यह कार्य पौधों के विभिन्न भागों जैसे फल, पत्ती और तना पर किया गया था। इसके लिए k–औसत गुच्छन (K–mean clustering), निकटतम पड़ौसी (Nearest neighbor), बैक प्रोपेगेशन (Back propagation) और कुछ अन्य छवि प्रसंस्करण तकनीकों का उपयोग किया गया था।

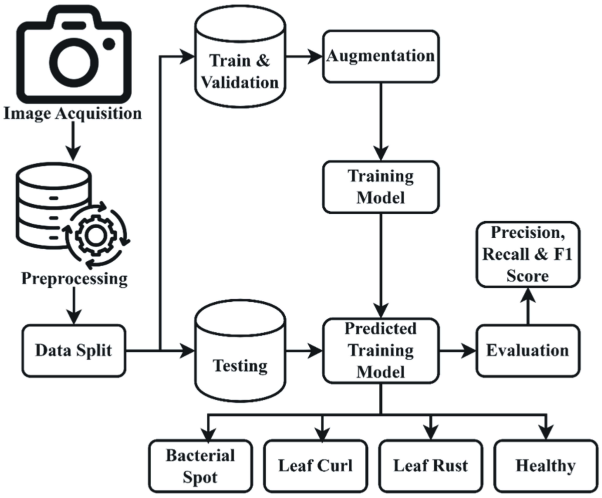
विभिन्न फसलों के वर्गीकरण की सटीकता 76.6% से 94.085% तक के परिसर में थी। इसके अलावा, पडोल और सावंत [8] ने एक ऐसी विधि का प्रस्ताव दिया जो छवि प्रसंस्करण का उपयोग करके अंगूर के पत्तों में रोगों की मात्रा निर्धारित करने की समस्या का समाधान कर सकती है। सपोर्ट वेक्टर मशीन और एएनएन को बेस क्लासिफायर के रूप में इस्तेमाल किया गया था और फिर इस बेस क्लासिफायर को फिर से बनाने और अंततः इसके प्रदर्शन को बेहतर बनाने के लिए फ्यूजन क्लासिफिकेशन (Fusion Classification) तकनीक का इस्तेमाल किया गया था। युवाना एवं अन्य [9] ने एक ऐसी विधि का प्रस्ताव रखा, जिसका उद्देश्य कई प्रशिक्षण स्थितियों के साथ एक डीप कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क को प्रशिक्षित करके पौधों में बीमारियों का पता लगाना है। दो प्रकार के प्रशिक्षण सेटों पर विचार किया गया: मूल प्रशिक्षण सेट और रूपांतरित प्रशिक्षण सेट। इस्तेमाल किए गए क्लासिफायरः डीसीएनएन, एलेक्स नेट और गूगल नेट थे। हरि एवं अन्य [10] ने हल्के (लाइटवेट) सीएनएन मॉडलों का केले, अमरुद और आम की पत्तियों पर प्रयोग किया है जहां इन मॉडलों ने अपेक्षाकृत कम प्राचलों के उपयोग के साथ 99.14% सही वर्गीकरण सटीकता प्राप्त की है। दोलाताबादियन एवं अन्य [11] ने विभिन्न फसलों पर विकास की प्रभावशीलता को रेखांकित किया है तथा व्यावहारिक कृषि प्रयोग हेतु उनकी संभावनाओं को प्रस्तुत किया है। वीजीजी–19 और इंसेप्शन वी–3 जैसे कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क (सीएनएन) को मशीन लर्निंग क्लासिफायर के साथ संयोजित करने पर 99.1% तक सही वर्गीकरण की सटीकता प्राप्त हुई, जो विभिन्न फसलों में इन तकनीकों की बहुमुखी उपयोगिता को दर्शाती है। तथापि, अधिकांश अध्ययन केवल विशिष्ट फसलों या सीमित डेटासेट तक ही सीमित रहे हैं। कृष्णन एवं अन्य [12] द्वारा बताया गया है कि वर्तमान परिस्थितियों, बहु–फसल अनुकूलनशीलता तथा बड़े पैमाने पर परिनियोजन पर अपेक्षाकृत कम कार्य हुआ है।

ज्ञानान्तराल

कई अध्ययनों ने आड़ू के पौधो में बैक्टीरियल स्पॉट रोग की जांच की है, जबकि लीफ कर्ल और लीफ रस्ट जैसी अन्य बीमारियों पर अधिक शोध के संकेत नहीं मिले। इस शोध पत्र में, हमने आड़ू के पौधे में डीप कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क्स और इंसेप्शन वी–3 का उपयोग करके रोगों की जांच करने के लिए एक स्वचालित प्रणाली विकसित करने की तकनीक का सुझाव दिया है। इस प्रणाली का उपयोग पौधे की पत्तियों का उपयोग करके आड़ू के पौधे में रोगों की पहचान करने के लिए किया गया है। उपयोग किए गए डेटासेट को कश्मीर क्षेत्र से लीफ कर्ल और लीफ रस्ट के लिए हमारे द्वारा एकत्र किया गया है।

प्रस्तावित विधि

पौधों की पत्तियों की छवि (इमेज) से रोगों की पहचान, वर्गीकरण और विभाजन में अच्छे परिणाम प्राप्त करने के लिए आमतौर पर कृषि में डीप लर्निंग मॉडल का उपयोग किया जाता है। प्रारंभिक चरण में पौधे की पत्तियों की छवि प्राप्त करना है, यह सिस्टम के प्रदर्शन के लिए एक महत्वपूर्ण कार्य है। पत्तियों की इमेज को इकट्ठा करने के लिए डिजिटल उपकरण का उपयोग किया गया है। प्रशिक्षण उद्देश्यों के लिए ऑनलाइन कई डेटासेट उपलब्ध हैं। इमेज प्राप्ति के बाद, सबसे पहले विकार (Noise) और विकृतियों को कम करने के लिए छवियों को पूर्व–संसाधित (प्री–प्रोसेसिंग) किया जाता है। फिर इनपुट इमेज का वर्गीकरण क्लासिफायर द्वारा किया जाता है । चित्र 1 पादप रोग पहचान प्रणाली के मूल मॉडल को दर्शाता है।



चित्र 1: प्रस्तावित प्रणाली का ब्लॉक आरेख

डेटासेट

हमने प्लांट विलेज (Plant Village) डेटासेट [13] से आड़ू के पौधों की पत्तियों का डेटासेट लिया है और बड़ा डेटासेट बनाने के लिए हमने कुछ लाइव डेटा भी एकत्रित किया है। दोनों डेटासेट के सम्मिलित रूप से बने संयुक्त डेटा में स्वस्थ और रोगग्रस्त पौधों की पत्तियों की 3014 छवियां हैं। डेटासेट को रोगों के अनुसार बैक्टीरिया स्पॉट, हेल्दी, आड़ू लीफ कर्ल और लीफ रस्ट के रूप में वर्गीकृत किया गया है। हम विभिन्न मूल्यांकन मैट्रिक्स (इवेलुएशन मैट्रिक्स) का उपयोग करके डेटासेट से डीप लर्निंग मॉडल द्वारा वर्गीकृत इमेज के लिए मॉडल के कुल चार वर्गों के प्रदर्शन की जांच करेंगे। डेटासेट के लिए एकत्रित आड़ू के पत्तों की छवियों की रूपरेखा नीचे दी गई तालिका में दी गई हैः

a) बैक्टीरियल स्पॉट b) लीफ कर्ल c) लीफ रस्ट d) हेल्दी

चित्र 2: विभिन्न रोगों की पत्ती छवियां

तालिका 1: डेटासेट की रूपरेखा

रोग का नाम	एकत्रित छवियों की संख्या
बैक्टीरियल स्पॉट	2324
लीफ रस्ट	151
लीफ कर्ल	181
स्वस्थ	358
कुल	3014

डेटा लेबलिंग

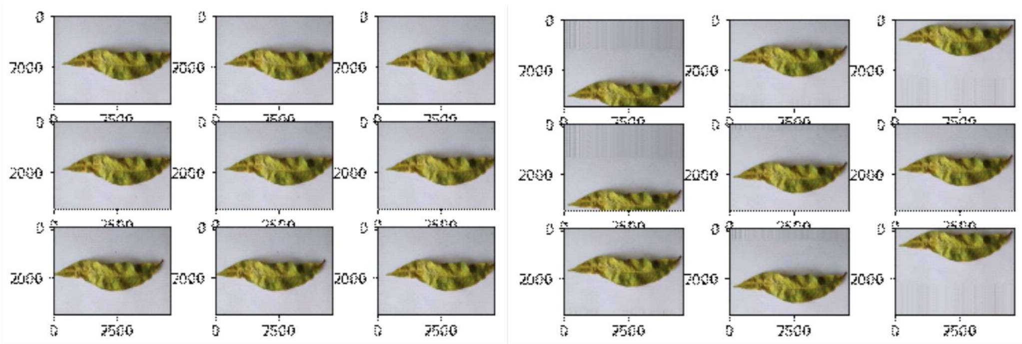
इस प्रक्रिया में उपयोग में लिए जाने वाले डाटा की लेबलिंग की जाती है। इसमें डाटा के साथ उपयुक्त एवं वर्णनात्मक लेबल जोड़े जाते हैं इन लेबलों के माध्यम से डाटा को संदर्भ और अर्थ प्रदान किया जाता है ताकि मॉडल इससे सीख सके और सर्वोत्तम निष्कर्ष संभव हो सकें। यह डेटा नमूनों का पता लगाने और उन्हें टैग करने की एक सीधी प्रक्रिया है।

डेटा वृद्धि

इस प्रक्रिया में प्रत्येक छवि के लिए विभिन्न संवर्द्धन तकनीकों को लागू किया गया है। इस प्रक्रिया में 25°, 40°, 65°, 120°, 185°, 240° और 300° कोण पर घुमाकर प्रत्येक छवि की अन्य उप–छवियों को बनाया गया है। इस प्रकार, एक बड़ा डेटासेट तैयार किया गया है। इसमें निम्नलिखित तकनीकों का उपयोग किया गया है।

क्षैतिज और लंबवत शिफ्ट वृद्धि

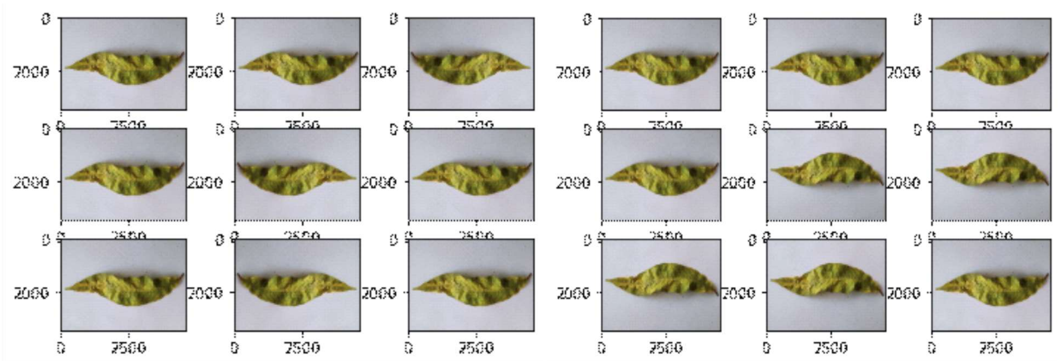
क्षैतिज और लंबवत शिफ्ट वृद्धि से हमारा मतलब छवि के आयाम और सीमाओं को बदले बिना छवि के पिक्सेल को क्षैतिज या लंबवत रूप से स्थानांतरित करना है। ऐसा करते समय छवि के कुछ पिक्सेल काट दिए जाते हैं, इसलिए छवि के समान आयामों को बनाए रखने के लिए नए पिक्सेल के लिए एक नया क्षेत्र जोड़ा जाता है। चित्र 3 में देखा जा सकता है कि पहली आकृति में पत्ती की छवि को क्षैतिज दिशा में यादृच्छिक रूप से (randomly) पलटा गया है, जबकि दूसरी आकृति में इसे ऊर्ध्वाधर दिशा (vertically) में पलटा गया है।



चित्र 3: क्षैतिज और लंबवत शिफ्ट वृद्धि

क्षैतिज और लंबवत फ्लिप वृद्धिः

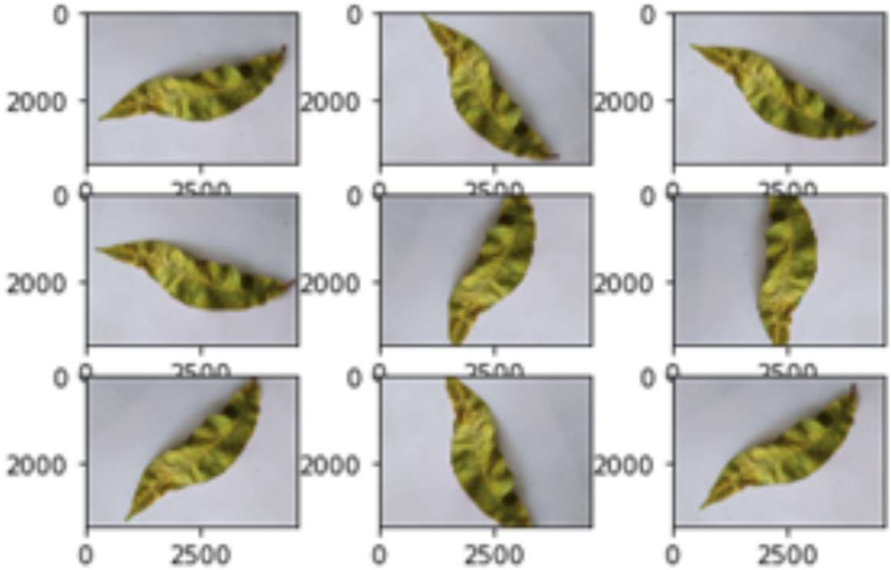
क्षैतिज और लंबवत फ्लिप ऑग्मेंटेशन का मतलब है कि पिक्सल्स को रो–वाइज या कॉलम–वाइज रिवर्सल करना। चित्र 4 पहली आकृति में क्षैतिज रूप से और दूसरे में लंबवत रूप से पत्ती के फ़्लिपिंग को दर्शाता है।



चित्र 4: क्षैतिज और लंबवत फ्लिप ऑग्मेटेशन

रैंडम रोटेशन ऑग्मेंटेशनः

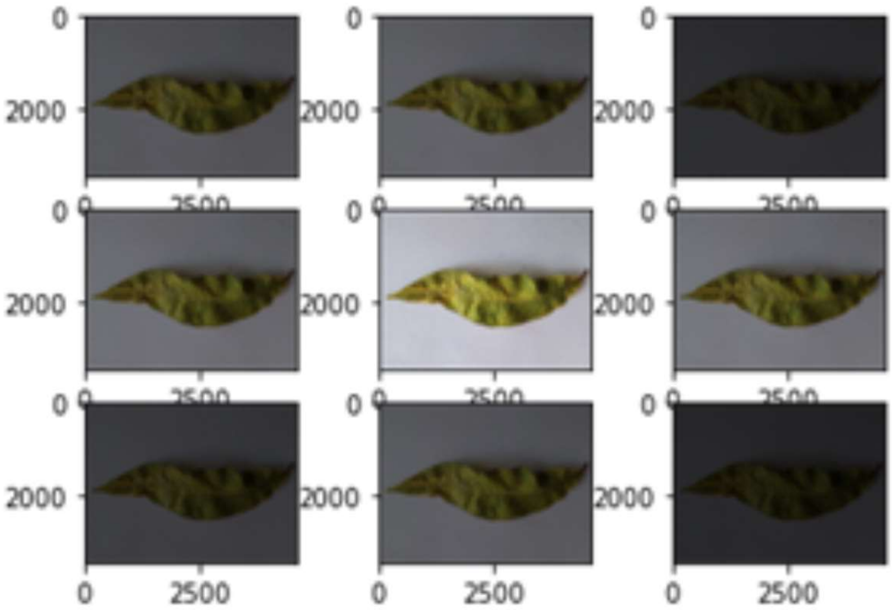
इसमें छवि को यादृच्छिक रूप से घड़ी की दिशा अथवा विपरीत दिशा में घुमाया जाता है, जिससे छवि में वस्तु की स्थिति को एक निश्चित कोण तक बदला जा सके। चित्र 5 एक पत्ती की छवि के यादृच्छिक घुमावों को दिखाता है जिसमें एक घूर्णी श्रेणी विकल्प 0 से 180 डिग्री तक भिन्न होता है।



चित्र 5: रैंडम शिफ्ट ऑग्मेटेशन

यादृच्छिक चमक वृद्धिः

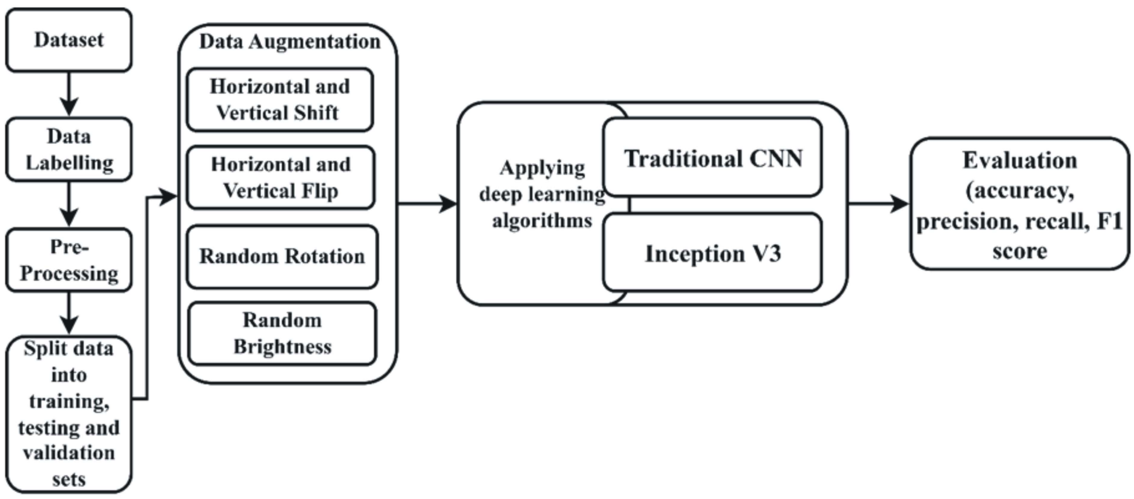
इस प्रक्रिया में छवियों को अलग–अलग चमक स्तरों के साथ उत्पन्न किया जाता है जो नीचे चित्र 6 में दिखाया गया है:



चित्र 6: यादृच्छिक चमक वृद्धि

प्रस्तावित कार्यप्रणाली का उपयोग करके पौधों में रोगों का पता लगाना और रोगों का वर्गीकरण

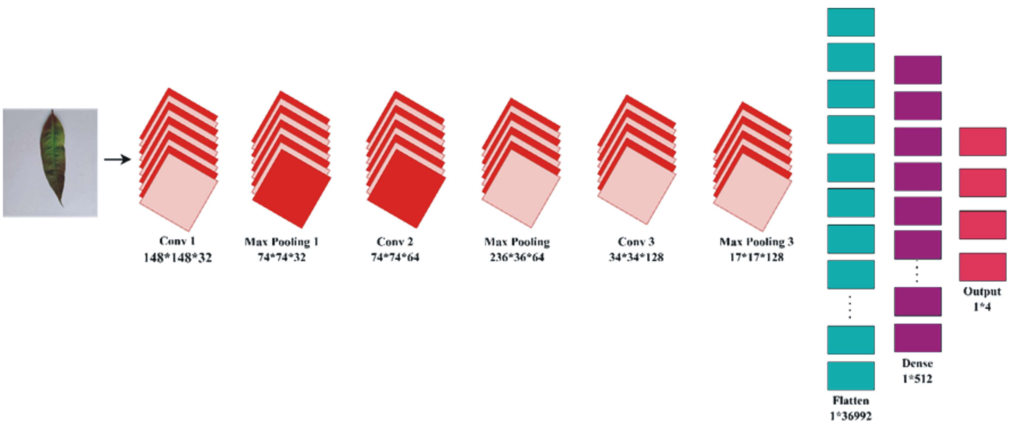
पत्तियों, फलों और तने की छवियों का उपयोग करके पौधों में रोगों का पता लगाने और वर्गीकरण करने में उच्च परिणाम देने के लिए डीप लर्निंग एल्गोरिदम का व्यापक रूप से उपयोग किया गया है। आड़ू के पौधे की पत्तियों की छवियों में रोगों का पता लगाने के लिए डेटा सेट को पारंपरिक सीएनएन मॉडल और इंसेप्शन V3 के साथ पाइथन की सहायता से प्रशिक्षित किया गया है। इसके लिए डाटा सेट को तीन भागों में वर्गीकृत किया गया है प्रशिक्षण (ट्रेनिंग), सत्यापन (वैलिडेशन) और परीक्षण (टेस्टिंग)।



चित्र 7: प्रस्तावित प्रणाली का विवरणात्मक ब्लॉक आरेख

सीएनएन

कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क (सीएनएन) एक डीप लर्निंग एल्गोरिथ्म है जिसका उपयोग छवियों की पहचान और वर्गीकरण जैसे कार्यों में किया जाता है। यह विशेष रूप से पिक्सेल डेटा के प्रसंस्करण (processing) के लिए डिज़ाइन किया गया है। कॉन्वोल्यूशन ऑपरेशन इनपुट छवि पर एक फ़िल्टर लगाने की प्रक्रिया है, जिसके माध्यम से छवि से उच्च स्तरीय विशेषताएँ उभारी जाती हैं। चित्र 8 में दर्शाए गए सीएनएन ढांचे (आर्किटेक्चर) के अनुसार, इनपुट लेयर में पत्ती की छवि दी जाती है, जिसका प्रारंभिक आकार 148×148×3 होता है। इसके बाद तीन कन्वोल्यूशनल लेयर (Conv 1, Conv 2, Conv 3) तथा उनके बाद संबंधित मैक्स पूलिंग लेयर (Pooling 1, Pooling 2, Pooling 3) का प्रयोग किया गया है। इन कन्वोल्यूशनल लेयर्स का उद्देश्य छवि से विभिन्न स्तरों की विशेषताओं जैसे किनारों, पैटर्न और बनावट को स्पष्ट करना है, जबकि मैक्स पूलिंग लेयर का उपयोग फीचर (विशेषता) मैप्स का आकार घटाने तथा महत्वपूर्ण विशेषताओं को बनाए रखने के लिए किया जाता है। इसके पश्चात एक फ़्लैटन (समतलन) लेयर फीचर मैप्स को एक–आयामी (One-dimensional) वेक्टर में परिवर्तित करती है, जिसे आगे डेंस (फुली कनेक्टेड) लेयर में भेजा जाता है। डेंस लेयर (512 न्यूरॉन्स के साथ) निकाली गई विशेषताओं को एकीकृत कर वर्गीकरण की प्रक्रिया को संचालित करती है। अंतिम आउटपुट लेयर का आकार 1×4 है, जो इनपुट छवि को चार वर्गों में वर्गीकृत करती है। इस आर्किटेक्चर में सक्रियण फ़ंक्शन का प्रयोग नेटवर्क में गैर–रेखीयता जोड़ने के लिए तथा ड्रॉपआउट लेयर का प्रयोग ओवरफिटिंग से बचाव हेतु किया गया है। इस प्रकार यह सीएनएन आर्किटेक्चर पत्ती की छवियों का कुशलतापूर्वक विश्लेषण और वर्गीकरण करता है।

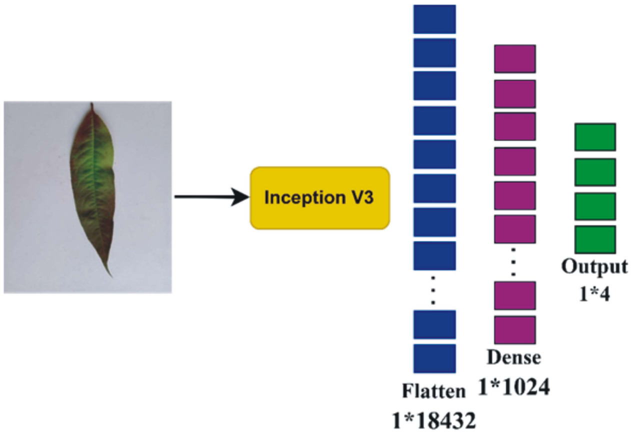


चित्र 8: सीएनएन की मूल संरचना

इंसेप्शन V3

इनसेप्शन वी–3 (Inception V3) आधारित मॉडल एक उन्नत कॉन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क है, जिसका उपयोग छवियों में उच्च–स्तरीय विशेषताओं को उभारने और उन्हें वर्गीकृत करने में किया जाता है। चित्र में दर्शाए गए आर्किटेक्चर के अनुसार, इनपुट के रूप में पत्ती की छवि मॉडल को प्रदान की जाती है। यह छवि सबसे पहले Inception V3 नेटवर्क से होकर गुजरती है, जहाँ छवि से किनारे, आकृति, पैटर्न और बनावट जैसी जटिल विशेषताएँ स्वचालित रूप से उभारी जाती हैं। यह मॉडल तीन कॉन्वोल्यूशनल लेयर (आकार 32, 64, 128) से बना है, प्रत्येक के बाद एक सक्रियण फलन (एक्टिवेशन फंक्शन) ReLU आकार 3×3 और अधिकतम–पूलिंग परत आकार 2×2 का आयोग हुआ है। रेखीय रूप को गैर–समान प्रतिनिधित्व में बदलने के लिए एक सक्रियण फलन का उपयोग किया जाता है। इसके बाद प्राप्त फीचर मैप्स को फ़्लैटन लेयर के माध्यम से एक–आयामी वेक्टर (1×18432) में परिवर्तित किया जाता है। यह प्रक्रिया बहु–आयामी (Multi-dimension) डेटा को एक सरल रूप में बदलकर आगे की गणनाओं के लिए

उपयुक्त बनाती है। इसके पश्चात यह वेक्टर डेंस (घनी) लेयर में भेजा जाता है, जिसमें 1024 न्यूरॉन्स होते हैं। यह लेयर निकाली गई विशेषताओं को संयोजित कर पत्ती की छवि से संबंधित महत्त्वपूर्ण पैटर्न को समझने और वर्गीकरण की नींव तैयार करने का कार्य करती है।



चित्र 9: इंसेप्शन की मूल संरचना V3

अंतिम चरण में, आउटपुट लेयर (1×4 आकार वाली) इनपुट छवि को चार संभावित वर्गों में वर्गीकृत करती है। यह लेयर मॉडल का निर्णय प्रस्तुत करती है कि पत्ती किस श्रेणी में आती है। इस प्रकार, यह Inception V3–आधारित आर्किटेक्चर पत्ती की छवियों का गहन विश्लेषण कर उन्हें सटीक रूप से वर्गीकृत करने में सक्षम है।

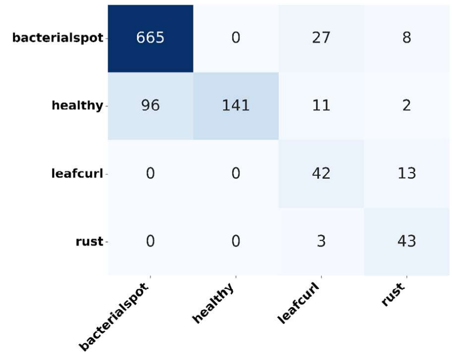
आड़ू के उत्पादन को प्रभावित करने वाली बड़ी बीमारियों के बीच, हमने तीन सबसे अधिक प्रभावित करने वाले रोगों की जांच की है। पौधों की पत्तियों पर उनके प्रभाव के आधार पर रोगों का चयन किया गया था। इन रोगों का संक्षिप्त विवरण नीचे दी गई तालिका में दिया गया है:

तालिका 2: आड़ू के रोग उनके कारण और लक्षण

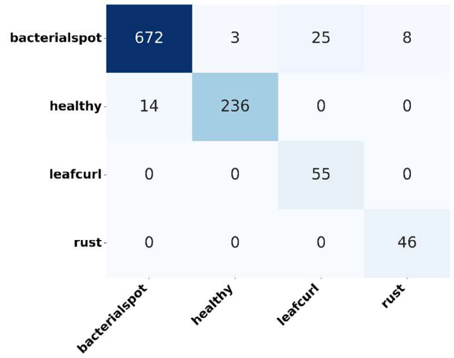
क्रम संख्या	रोग का नाम	कारण	पत्तियों पर लक्षण
1.	बैक्टीरियल स्पॉट	जीवाणु	गहरे, छोटे निशान अक्सर पत्ती की नोक पर जमा हो जाते हैं। निशानों के चारों ओर पत्ती का ऊतक पीला हो जाता है।
2.	लीफ कर्ल	कवक	आड़ू के पौधे की युवा पत्तियां विकृत हो जाती हैं; लीफ कर्ल के कारण कर्ल और लाल रंग के क्षेत्र विकसित होते हैं।
3.	लीफ रस्ट	कवक	पत्ती में जंग लगने के कारण आड़ू के पौधे की पत्तियाँ भूरे रंग की हो जाती हैं और जल्दी गिर जाती हैं।

परिणाम

दोनों प्रस्तावित मॉडलों जो कि पारंपरिक सीएनएन और इंसेप्शन वी 3 हैं, के लिए कन्फ्यूजन मैट्रिक्स नीचे दिए हैं:



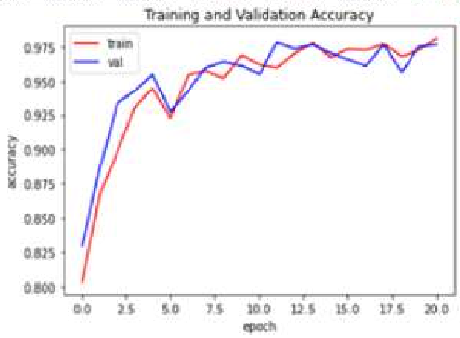
चित्र 10(a): कन्फ्यूजन मैट्रिक्स (सीएनएन)



चित्र 10(b): कन्फ्यूजन मैट्रिक्स (इंसेप्शन V3)

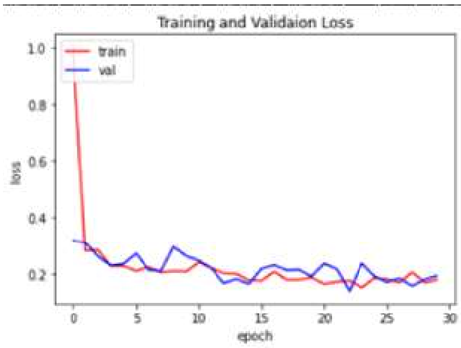
पारंपरिक सीएनएन और इंसेप्शन V3 के मामले में, मॉडल सटीकता को नीचे दिए गए चित्र 11 में ग्राफ़ में दर्शाया गया है । जिसमें दर्शाया गया है कि 30 इपॉक (पूरे प्रशिक्षण डेटासेट का एक बार न्यूरल नेटवर्क से गुजरना) के लिए सीएनएन में 94.31% की प्रशिक्षण सटीकता और 93.18% की सत्यापन सटीकता हासिल की है। और इंसेप्शन V3 में 20 इपॉक के लिए प्रशिक्षण सटीकता 98.10% और सत्यापन सटीकता 97.67% प्राप्त कर ली गई है।

चित्र 11(a): प्रशिक्षण और सत्यापन सटीकता (सीएनएन)

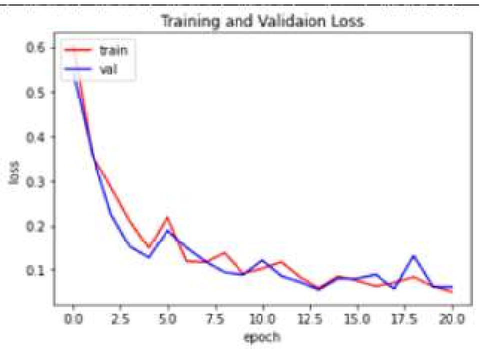


चित्र 11(b): प्रशिक्षण और सत्यापन सटीकता (इंसेप्शन V3)

सीएनएन और इंसेप्शन V3 के मामले में, प्रशिक्षण और सत्यापन हानि नीचे दिए गए चित्र 12 में ग्राफ़ में दर्शाया गया है।



चित्र 12(a): प्रशिक्षण और सत्यापन हानि (सीएनएन)



चित्र 12(b): प्रशिक्षण और सत्यापन हानि (इंसेप्शन V3)

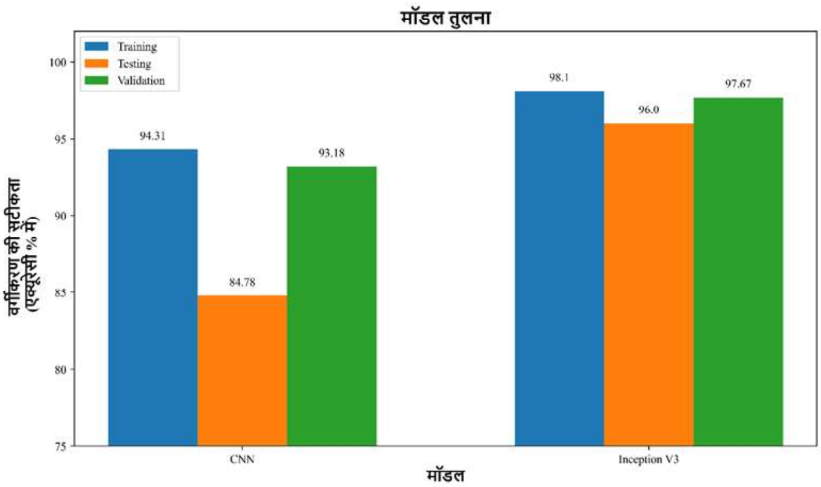
तालिका 3: प्रेसिजन–रिकॉल और F1 स्कोर (CNN)

वर्ग	प्रेसिजन	रिकॉल	**F1 स्कोर**
बैक्टीरियल स्पॉट	0.87	0.95	0.91
लीफ कर्ल	0.51	0.76	0.61
लीफ रस्ट	0.65	0.93	0.77
स्वस्थ	1.00	0.56	0.72

तालिका 4: प्रेसिजन–रिकॉल और F1 स्कोर (इंसेप्शन V3)

वर्ग	प्रेसिजन	रिकॉल	**F1 स्कोर**
बैक्टीरियल स्पॉट	0.98	0.96	0.97
लीफ कर्ल	0.69	1.00	0.81
लीफ रस्ट	1.00	1.00	1.00
स्वस्थ	0.99	0.94	0.97

विभिन्न प्रस्तावित मॉडलों (सीएनएन और इंसेप्शन वी 3) के प्रशिक्षण, परीक्षण और सत्यापन सटीकता के बीच तुलना का चित्रमय प्रतिनिधित्व नीचे दिए गए आंकड़े में दिखाया गया है ।



चित्र 13: पारंपरिक सीएनएन और इंसेप्शन V3 के बीच तुलना

पारंपरिक सीएनएन मॉडल का प्रशिक्षण, सत्यापन और परीक्षण सटीकता (एक्यूरेसी) क्रमशः 94.31%, 93.18% और 84.78% है। इसके अलावा, इंसेप्शन V3 के मामले में प्रशिक्षण, सत्यापन और परीक्षण सटीकता क्रमशः 98.10%, 97.67% और 96% है।

निष्कर्ष

आडू के पौधे में रोग का पता लगाने के लिए स्वचालित डीप लर्निंग आधारित मॉडल विकसित किया गया है। आडू के पौधों में आमतौर पर देखी जाने वाली तीन अलग–अलग प्रकार की बीमारियों का पता लगाया गया, जो कि क्रमशः बैक्टीरियल स्पॉट, लीफ कर्ल, और लीफ रस्ट हैं। इस शोध के लिए, हमने दो अलग–अलग

डेटासेट से छवियों को मिलाकर एक बड़ा डेटासेट बनाया – एक कश्मीर के ग्रामीण क्षेत्र के पौधे से स्वयं एकत्रित किया है तथा दूसरा हमने ऑनलाइन स्रोतों से एकत्र किया है। इस तरह स्वस्थ और संक्रमित आड़ू के पत्तों की कुल 3014 छवियां एकत्र की गई। इस कार्य का मुख्य लक्ष्य आड़ू के पौधे में डीप लर्निंग मॉडलों का उपयोग करके बीमारी का पता लगाना था। इस शोध कार्य में विभिन्न तरह की बीमारियों का पता लगाने और वर्गीकरण की एक्यूरेसी को बढ़ाने के लिए पारंपरिक सीएनएन और इंसेप्शन वी 3 का भी उपयोग कर तुलनात्मक अध्ययन किया गया है। प्रस्तावित तकनीकों से प्राप्त परिणाम अत्यधिक आशाजनक तथा सटीकता में सीएनएन और इंसेप्शन वी3 की परीक्षण एक्यूरेसी क्रमशः 84.78% और 96% थी। एक्यूरेसी, रिकॉल और F1 स्कोर जैसे अन्य मापदंडों की भी गणना की गई। अतः विकसित मॉडल कृषि प्रधान देशों में उत्पादकता बढ़ाने में तथा रोगों की प्रारम्भिक अवस्था में पता लगाने में बहुत ही कारगर साबित होगा। भविष्य में अन्य पौधों में भी इस तकनीक का उपयोग किया जा सकता है एवं अन्य डीप लर्निंग मॉडल विकसित कर परिणाम की सटीकता को बढ़ाया जा सकता है। यह तकनीकी विश्वसनीय रोग नियंत्रण के लिए उच्च संभावनाएं भी दर्शाती है।

शोध पत्र में प्रयुक्त अंग्रेजी शब्दों की समानार्थक हिंदी शब्दावली

Alphabetically sorted terminology in English	वर्णमाला अनुक्रमित हिन्दी शब्दावली
Artificial Intelligence	कृत्रिम बुद्धिमत्ता
Automated System	स्वचालित प्रणाली
Data Augmentation	डेटा वृद्धि
Deep Convolutional Neural Network	गहरे दृढ़ तंत्रिका नेटवर्क
K-mean clustering	k–औसत गुच्छन
Nearest neighbor	निकटतम पड़ौसी
Neural Network	तंत्रिका नेटवर्क
Precision Agriculture	आधुनिक कृषि
Preprocessed	पूर्व–संसाधित
Training Accuracy	प्रशिक्षण सटीकता

संदर्भ

1. Ahmad, J., Alam, D., & Haseen, M. S. (2011). Impact of climate change on agriculture and food security in India. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, *4*(2), 129-137.
2. Singh, P., & Kaur, A. (2022). A systematic review of artificial intelligence in agriculture. *Deep learning for sustainable agriculture*, 57-80.
3. Kumar, A., & Garg, V. (2021). Particle swarm optimization based artificial neural network for wind speed forecasting. Vigyan Prakash – Research Journal of Science & Technology, 19(1–2), 19–30.

4. Bhatnagar, M., Kumar, S., & Jain, C. (2021). Understanding the Covid-19 pandemic using machine learning techniques. Vigyan Prakash – Research Journal of Science & Technology, 19(4), 18–28.

5. Kauleshwar, P., Padmavati, M. V., & Patnaik, P. K. (2021). Prediction of fetal growth retention using deep learning techniques: A review. Vigyan Prakash – Research Journal of Science & Technology, 19(4), 29–39.

6. Phadikar, S., Sil, J., & Das, A. K. (2012). Classification of rice leaf diseases based on morphological changes. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, *2*(3), 460-463.

7. Pujari, J. D., Yakkundimath, R., & Byadgi, A. S. (2015). Image processing based detection of fungal diseases in plants. *Procedia Computer Science*, *46*, 1802-1808.

8. Padol, P. B., & Sawant, S. D. (2016, December). Fusion classification technique used to detect downy and Powdery Mildew grape leaf diseases. In *2016 International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)* (pp. 298-301). IEEE.

9. Yuwana, R. S., Suryawati, E., Zilvan, V., Ramdan, A., Pardede, H. F., & Fauziah, F. (2019, October). Multi-condition training on deep convolutional neural networks for robust plant diseases detection. In *2019 international conference on computer, control, informatics and its applications (IC3INA)* (pp. 30-35). IEEE.

10. Hari, P., & Singh, M. P. (2023). A lightweight convolutional neural network for disease detection of fruit leaves. *Neural Computing and Applications*, *35*(20), 14855-14866.

11. Dolatabadian, A., Neik, T.X., Danilevicz, M.F., Upadhyaya, S.R., Batley, J. and Edwards, D., 2025. Image based crop disease detection using machine learning. *Plant Pathology*, *74*(1), pp.18-38.

12. Sujatha, R., Krishnan, S., Chatterjee, J. M., & Gandomi, A. H. (2025). Advancing plant leaf disease detection integrating machine learning and deep learning. *Scientific Reports*, *15*(1), 11552.

13. Ali, A. (n.d.). *PlantVillage dataset*. Kaggle. https://www.kaggle.com/ datasets/ abdallahalidev/ plantvillage-dataset

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 निध ारित 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

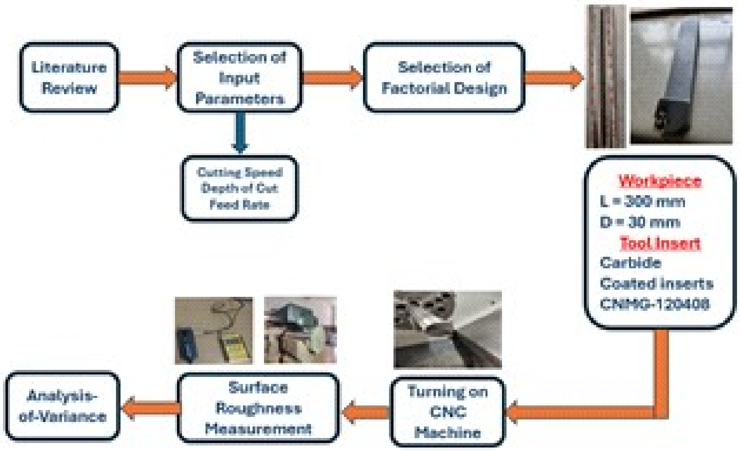
कार्यप्रणाली एवं प्रायोगिक सेटअप

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



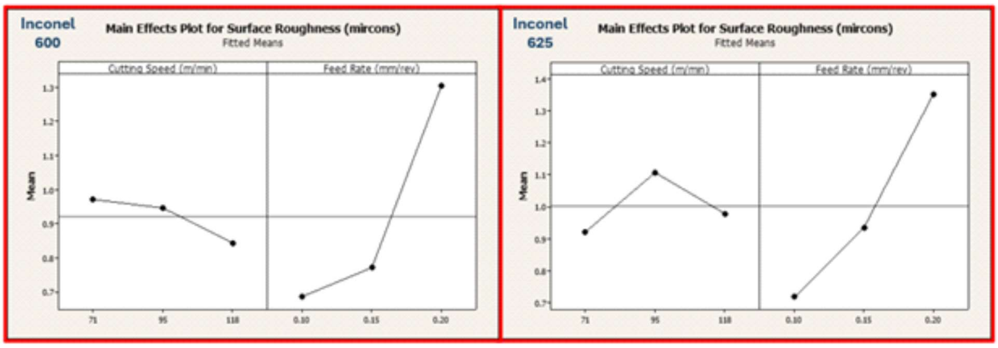
चित्र 1. प्रयोग पद्धति

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।

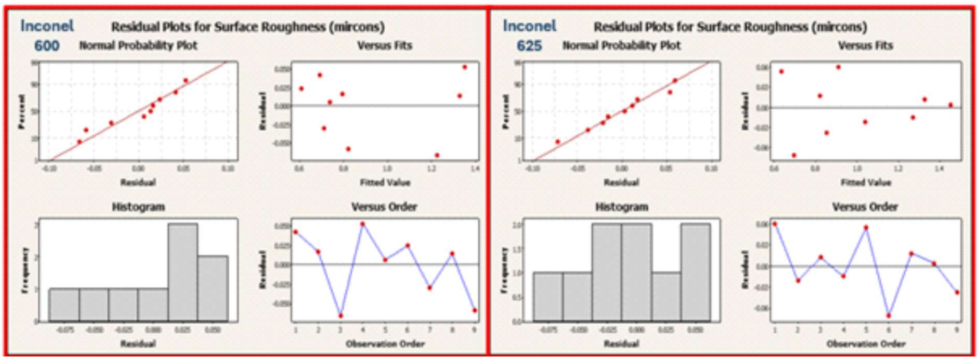
तालिका 3. 600 और 625 मिश्र धातु की सतह खुरदरापन (एसआर) के लिए परिणाम

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।

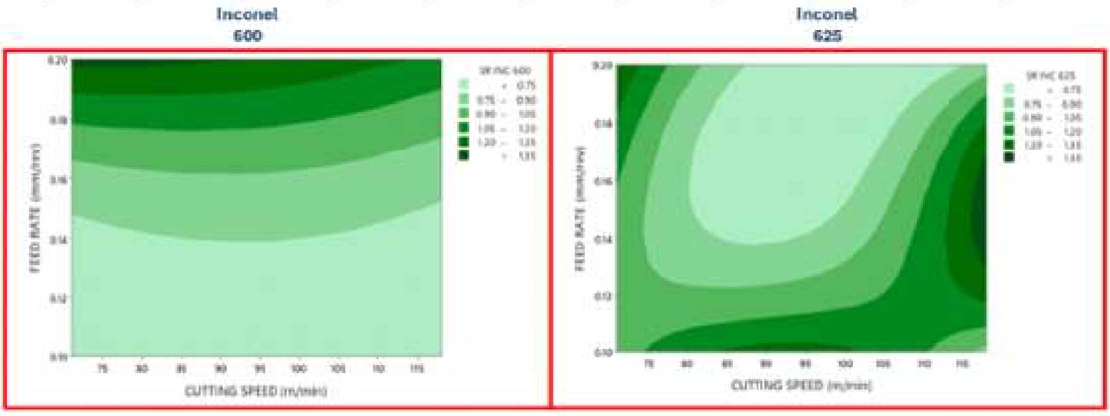


चित्र 3. इनकॉनल 600 और 625 की सतह खुरदरापन के लिए अवशिष्ट प्लॉट

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.

संस्कृत कैसे सीखें? (समास)
How to Learn Sanskrit? (Samaas)

आकृति ठाकुर[1] एवं योगेश शर्मा[2]
Aakriti Thakur[1] and Yogesh Sharma[2]

[1]शोधच्छात्रा, संस्कृत, दर्शन एवं वैदिक अध्ययन विभाग, वनस्थली विद्यापीठ, राजस्थान
[2]सह आचार्य, कलाकोश विभाग, इन्दिरा गाँधी राष्ट्रीय कला केन्द्र, नई दिल्ली
aakritithakur2@gmail.com[1], ycsharma2000@yahoo.co.in[2]
https://doi.org/10.5281/zenodo.17954395

'सम्' पूर्वक 'असु क्षेपणे' (दिवादिगण, परस्मैपद) धातु से भाव में घञ् (अ) प्रत्यय कर एवं 'अत उपधायाः' से उपधा वृद्धि करके 'समास' शब्द निष्पन्न होता है। सरल शब्दों में, 'संक्षेप', 'संक्षिप्तीकरण' या 'मिलाने' को समास कहते हैं। यह योगरूढ पारिभाषिक शब्द है। अतः संक्षेप को समास नहीं कहते, अपितु जब दो या दो से अधिक पद मिलकर एक पद हो जाता है, तो उसे 'समास' कहते हैं। समास हो जाने पर उन समस्यमान पदों की प्रायः विभक्ति अदृष्ट होती है, परन्तु उसका अर्थ वही रहता है। पुनः नये सिरे से समास को एक शब्द या प्रातिपदिक मानकर नई विभक्ति आ जाती है, तब वह पूर्णतः नवीन शब्द बन जाता है। जैसे – सीतायाः पतिः = सीतापतिः (सीता के पति, अर्थात् श्रीराम)। समास सुबन्तों का होता है, तिङन्तों का नहीं। दो या दो से अधिक सार्थक/समर्थ सुबन्त का समर्थ सुबन्त के साथ समास होता है। द्वन्द्व समास को छोड़कर दो या दो से अधिक पदों का ही समास होता है। द्वन्द्व में दो या तीन पदों का एक साथ समास हो जाता है। जैसे–

1. **राजपुरुषागमनम्**

   राज्ञः पुरुषः = राजपुरुषः

   राजपुरुषस्य आगमनम् = राजपुरुषागमनम् (राजा के पुरुष का आगमन)

2. **हरिहरगुरवः**

   हरिश्च, हरश्च, गुरुश्व = हरिहरगुरवः (हरि, हर और गुरु)

   परस्परान्वितयोः सुबन्तयोः समासः भवति, अर्थात् जो जिसके साथ अन्वय की योग्यता रखता है, उसी पद का उसी के साथ समास होता है। यथा– राजः पुत्रः = राजपुत्रः। यहाँ राजा पुत्र के साथ अन्वित है –

दशरथस्य पुत्रः राजा अस्ति।

(दशरथ का पुत्र राजा है)

इस वाक्य में दशरथ का पुत्र के साथ अन्वय है, अतः दोनों का समास होगा दशरथस्य पुत्रः– दशरथपुत्रः और पुत्रः राजा में अन्वय हैं – राजपुत्रः, किन्तु दशरथ का राजा के साथ अन्वय नहीं है, इसीलिए इन दोनों पदों का समास नहीं होगा। अतः समास सार्थक/समर्थ सुबन्तों का होता है। कहीं सुबन्त का तिङन्त के साथ भी समास देखा जाता है – परि अभूषयत् होकर पर्यभूषयत्। इसी प्रकार, वि + अचलत् = व्यचलत्। अर्थबोध के लिए सामासिक पदों के विग्रह की व्यवस्था व्याकरण में देखने को मिलती है। वृत्तियों के अर्थ का बोध कराने के लिए जो वाक्य या पदावली प्रयुक्त की जाती है, उसे विग्रह कहते हैं –

वृत्यर्थावबोधकवाक्यं विग्रहः।

स च लौकिकोऽलौकिकश्चेति द्विधा।

विग्रह दो प्रकार का होता है। एक लौकिक और दूसरा अलौकिक। लोक (लौकिक संस्कृत भाषा) में जो प्रयोग आदि होता है, उसे लौकिक विग्रह कहते हैं। जैसे – **राज्ञ पुरुषः**

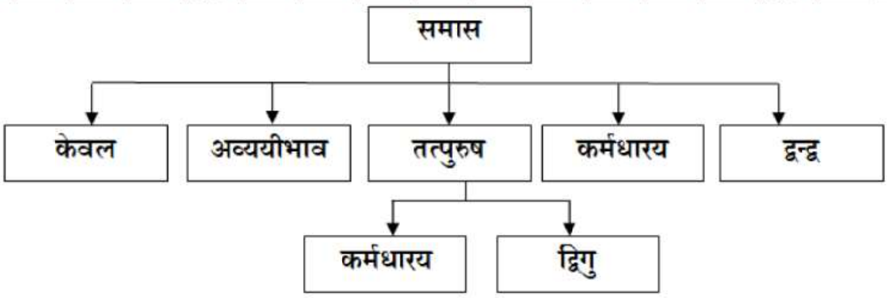
इस लौकिक विग्रह का समस्त पद 'राजपुरुषः' होगा। अलौकिक विग्रह प्रयोग में नहीं आता, वह व्याकरण की प्रक्रिया दर्शाने के लिए ही होता है। 'राजपुरुषः' का अलौकिक विग्रह है –

राजन् ङस् + पुरुष सु

अलौकिक विग्रह प्रत्येक समास का हुआ करता है, परन्तु लौकिक विग्रह तभी होता है जब समास वैकल्पिक हों। यदि समास नित्य है तो लौकिक विग्रह या तो किया ही नहीं जाता अथवा अस्वपदविग्रह किया जाता है। अस्वपदविग्रह में समस्यमान पदों से भिन्न पदों के द्वारा विग्रह दर्शाया जाता है। यथा – उपकृष्णम् = कृष्णस्य समीपम्, यथाशक्ति – शक्तिम् अनतिक्रम्य, ये क्रमशः अस्वपद लौकिक विग्रह हैं।

समास के भेद –

सामान्यतया समास अर्थ का विषय है, अर्थात् समास अर्थ पर आश्रित है। उस समस्त पद में किसका अर्थ प्रधान है। इसी आधार पर समास के चार भेद होते हैं – **अव्ययीभाव, तत्पुरुष, द्वन्द्व** और **बहुव्रीहि**, किन्तु सिद्धान्तकौमुदीकार ने समास के पाँच भेद माने हैं – **यथा समासः पञ्चधा। तत्र समसनं समासः।**



1. **केवल समास**

   जिस समास की कोई विशेष संज्ञा नहीं की जाती, वह केवल समास होता है। यथा – भूतपूर्वः (जो पूर्व में हुआ है)।

2. **अव्ययीभाव समास**

   जो शब्द समास होने के पूर्व तो अव्यय न हो, किन्तु समास होने पर अव्यय हो जाए, वही अव्ययीभाव समास है। सामान्यतः जिस समास में पूर्वपद का अर्थ प्रायः प्रधान होता है, उसे अव्ययीभाव कहते हैं। इस समास में प्रायः पूर्वपद अव्यय होता है और उत्तरपद अनव्यय, परन्तु समास होने पर समस्त पद अव्यय बन जाता है। यथा – अधिहरि (हरि में)।

3. **तत्पुरुष समास**

   जिस समास में उत्तरपद का अर्थ प्रायः प्रधान होता है, उसे तत्पुरुष समास कहते हैं। यह समानाधिकरण और व्यधिकरण भेद से दो प्रकार का है।

   तत्पुरुष समास का ही एक भेद होता है – कर्मधारय।

तत्पुरुषभेदः कर्मधारयः। तत्पुरुषः समानाधिकरणः कर्मधारयः।

जब तत्पुरुष समास में दोनों पद एक ही अधिकरण (वाच्य) को कहते हैं तो वहाँ कर्मधारय समास होता है। यथा – नीलम् + उत्पलम् = नीलोत्पलम्।

कर्मधारय का एक भेद होता है – द्विगु। कर्मधारय समास में जब पूर्वपद संख्यावाचक होता है तो उसे द्विगु समास कहते हैं। द्विगु समास में पूर्वपद संख्यावाचक ही होता है, किन्तु संख्यावाचक सभी पद द्विगु ही नहीं होते हैं। जैसे – पञ्चानां गंगानाम् समाहारः = 'पञ्चगंगम्' यहाँ अव्ययीभाव समास है।

4. बहुव्रीहि समास

यह विशेषण–विशेष्य का समास है, किन्तु इसमें अन्य पदार्थ प्रधान है। जिस समास में समस्यमान पदों के अतिरिक्त किसी अन्यपद का अर्थ प्रायः प्रधान रहता है, उसे बहुव्रीहि समास कहते हैं। समास घटकस्य पदस्य अर्थः यदि क्रियया अन्वितो भवति तर्हि बहुव्रीहिः इत्यर्थः। यथा – पीतानि अम्बराणि यस्य सः पीताम्बरः (पीत वस्त्र हैं जिनके, अर्थात् भगवान् विष्णु)

5. द्वन्द्व समास

जिस समास में दोनों पदों का अर्थ प्रायः प्रधान होता है, उसे द्वन्द्व समास कहते हैं। यदि दोनों पदार्थ क्रिया से अन्वित होते हैं तो वह द्वन्द्व कहलाता है। जैसे – रामकृष्णौ।

समास को समझने हेतु एक बहुचर्चित एवं रोचक पद्य दृष्टिगत है, जिसके भावानुवाद से सभी समास–भेदों का अर्थ सरलता से ग्रहण किया जा सकता है –

द्वन्द्वोऽस्मि द्विगुरपि च गृहे च मे सततमव्ययीभावः।

तत्पुरुष कर्मधारय येनाहं स्यां बहुव्रीहिः।

अर्थात् कोई निर्धन ब्राह्मण राजा के दरबार में जाकर अपनी करुणा गाथा का वर्णन इस प्रकार करता है। है राजन्! मैं **'द्वन्द्व'** हूँ, मैं अकेला नहीं, बल्कि भार्या का भी भरण–पोषण करना पड़ता है। मैं **'द्विगु'** भी हूँ, मेरे घर पर दो बैल भी हैं, जिनको प्रतिदिन खिलाना पड़ता है, मेरे पास निरन्तर **'अव्ययीभाव'**, अर्थात् खर्च के लिए फूटी कौड़ी भी नहीं है। इसलिए हे श्रेष्ठ पुरुष! तत् **'कर्मधारय'**, अर्थात् ऐसा काम करो, जिससे मैं **'बहुव्रीहि'** बहुत धन वाला हो जाऊँ।

समास के लिए निम्नलिखित बातें ध्यातव्य हैं –

- समर्थ अर्थात् परस्पर संश्लिष्टार्थ पदों में ही समास होता है असम्बद्धार्थी में नहीं।
- सर्वप्रथम समासविधायक सूत्र की प्रवृत्ति होगी।
- समूचे समुदाय की प्रातिपदिक संज्ञा (कृत्तद्धितसमासाश्च) कर सुपोधातुप्रातिपदिकयोः से सुपों/विभक्तियों का लोप होता है।
- पूर्वपद का निर्णय।
- अन्त में प्रातिपदिक संज्ञा कर विभक्ति प्रयोग।

1. **केवल समास** – जिस समास की कोई विशेष संज्ञा नहीं की जाती, वह केवल समास होता है। समर्थ सुबन्त का समर्थ सुबन्त के साथ समास होता है। एक सुबन्त दूसरे सुबन्त के साथ विकल्प से समास को प्राप्त होता है। समास की प्रातिपदिक संज्ञा हो जाने के कारण समास के अवयव सुपों का 'सुपो धातुप्रातिपदिकयोः' से लुक् हो जाता है। यथा – **अभूतपूर्वः** (पूर्वम् अभूतः, जो पहले कभी नहीं हुआ है)

इसी प्रकार सुबन्त शब्द का 'इव' के साथ समास होता है, परन्तु समासावयव विभक्ति का लोप नहीं होता।

क्रम सं.	सुबन्त शब्द		समास	अर्थ
1.	वागर्थौ	+	वागर्थाविव	शब्द और अर्थ के सदृश
2.	जीमूतस्य	इव	जीमूतस्येव	जीमूत के सदृश

ध्यातव्य है कि योगविभाषा की इष्ट सिद्धि के लिए कुछ तिङन्त शब्दों के उत्तरपद रहने पर समास विधि की जाती है। यह विधि वेद में है।

क्रम सं.	पूर्वपद		उत्तरपद	समास	अर्थ
1.	परि		अभूषयत्	पर्यभूषयत्	सुशोभित करता है
2.	वि	+	अचलत्	व्यचलत्	चलता है

2. अव्ययीभाव समास

जिस समास में पूर्वपद का अर्थ प्रायः प्रधान होता है उसे अव्ययीभाव कहते हैं। पूर्व में अधि, उप, अनु आदि अव्यय होते हैं तथा समस्तपद अव्यय होता है। विभक्ति, समीप, समृद्धि (ऋद्धि का आधिक्य), व्यृद्धि (ऋद्धि का अभाव), अर्थाभाव (वस्तु का अभाव), अत्यय (नष्ट होना/अतीत होगा), असम्प्रति (अब युक्त न होना) शब्द प्रादुर्भाव (शब्द की प्रकाशता प्रसिद्धि), पश्चात् (पीछे) यथा (योग्यता, वीप्सा, पदार्थानतिवृत्ति और सादृश्य), आनुपूर्व्य (क्रमानुसार, क्रमशः), योगपद्य (एकसाथ होना), सादृश्य, सम्पत्ति (अनुरूप, आत्माभाव), साकल्य (सम्पूर्णता) और अन्त (समाप्ति) इन सोलह अर्थों में से किसी भी अर्थ में विद्यमान जो अव्यय सुबन्त है, वह समर्थ सुबन्त के साथ नित्य समास को प्राप्त होता है और वह समास अव्ययीभाव संज्ञक होता है। यह नित्य समास है, अतः इसका या तो लौकिक विग्रह होता नहीं या अस्वपद विग्रह होगा।

अव्ययीभाव समास के आवश्यक नियम निम्नलिखित हैं –

1. अव्ययीभाव समास के अन्तिम् पद के अन्त में अ, आ को अ इ, ई, ए, ऐ को इ उ, ऊ, ओ, औ को उ तथा ऋ को ऋ होता है।
2. अव्ययीभाव समास यदि अदन्त है तो सुपों का 'अव्ययादाप्सुपः' से लोप न होकर पञ्चमी को छोड़कर सुपों को अम् आदेश हो, परन्तु यह अम् आदेश तृतीया एवं सप्तमी में बहुलता से होता है।
3. अव्ययीभाव यदि अदन्त न हो तो उससे परे सुपो का 'अव्ययादाप्सुपः' से लोप हो।
4. अव्ययीभाव के अन्त में यदि दीर्घ हो उसे ह्रस्व आदेश करना चाहिए।

क्रम सं.	विभिन्न अर्थों में अव्यय का समास	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	विभक्ति अर्थ में अधि अव्यय का समास	हरौ इति	अधिहरि	हरि में
2.	समृद्धि अर्थ में सु अव्यय का समास	मद्राणां समृद्धिः	सुमद्रम्	मद्र देश के लोगों की समृद्धि
3.	व्यृद्धि अर्थ में दुर् अव्यय का समास	यवनानां व्यृद्धि	दुर्यवनम्	यवनों की समृद्धि का अभाव

4.	अभाव अर्थ में निर् अव्यय का समास	मक्षिकाणाम् अभावः	निर्मक्षिकम्	मक्खियों का अभाव
5.	अत्यय अर्थ में अति अव्यय का समास	हिमस्य अत्ययः	अतिहिमम्	शीत का व्यतीत हो जाना
6.	असंप्रति अर्थ में अति अव्यय का समास	निद्रा सम्प्रति न युज्यते इति	अतिनिद्रम्	निद्रा इस समय उचित नहीं
7.	शब्दप्रकाश अर्थ में इति अव्यय का समास	हरिशब्दस्य प्रकाशः	इतिहरि	हरि शब्द की प्रसिद्धि
8.	पश्चात् अर्थ में अनु अव्यय का समास	विष्णोः पश्चात्	अनुविष्णु	विष्णु के पीछे
9.	योग्यता अर्थ में अनु अव्यय का समास	रूपस्य योग्यम्	अनुरूपम्	रूप के योग्य
10.	सादृश्य अर्थ में स / सह अव्यय का समास	हरेः सादृश्यम्	सहरि	हरि के समान
11.	वीप्सा अर्थ में प्रति अव्यय का समास	अर्थम् अर्थम् प्रति	प्रत्यर्थम्	प्रत्येक अर्थ के प्रति
12.	अनतिक्रम्य अर्थ में यथा अव्यय का समास	शक्तिम् अनतिक्रम्यः	यथाशक्तिः	शक्ति के अनुसार
13.	आनुपूर्व्येण अर्थ में अनु अव्यय का समास	ज्येष्ठस्य आनुपूर्व्येण	अनुज्येष्ठम्	ज्येष्ठ के क्रम में
14.	युगपत् अर्थ में स / सह अव्यय का समास	चक्रेण युगपत्	सचक्रम्	चक्र के साथ
15.	सदृश अर्थ में स/सह अव्यय का समास	सख्या सदृशः	ससखि	सखि के समान
16.	सम्पत्ति अर्थ में स/सह अव्यय का समास	क्षत्राणां सम्पत्तिः	सक्षत्रम्	क्षत्रियों का स्वानुरूप क्षत्रियत्व
17.	सम्पूर्ण अर्थ में स / सह अव्यय का समास	तृणमपि अपरित्यज्यम्	सतृणम्	तिनके को भी छोड़े बिना
18.	अन्त अर्थ में स / सह अव्यय का समास	अग्निग्रन्थपर्यन्तम् (अधीते)	साग्नि	अग्नि ग्रन्थ की समाप्ति तक

नोट – यथा के चार अर्थ होते हैं– (1) अनतिक्रम्य (2) वीप्सा (3) सादृश्य, एवं (4) योग्यता।

इसी प्रकार, मर्यादा अथवा अभिविधि अर्थ में अव्यय का सुबन्त के साथ विकल्प से अव्ययीभाव समास हो जाता है। जैसे –

क्रम सं.	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	आ हिमालयात्	आहिमालयम्	हिमालय तक
2.	आ समुद्रात्	आसमुद्रम्	समुद्र तक
3.	आ बालवृद्धात्	आबालवृद्धम्	बाल से वृद्ध तक
4.	आमुक्तेः	आमुक्ति	मुक्ति तक
5.	आबालेभ्यः	आबालम्	बालक तक

इसी प्रकार एक अन्य नियम के अनुसार, यदि समाहार अर्थ इष्ट हो तो संख्यावाचक सुबन्तों का नदीवाचक सुबन्तों के साथ अव्ययीभाव समास होता है। जैसे – **पञ्चगंगम्, द्वियमुनम्, पञ्चनदि** इत्यादि।

इस प्रकार विविध अर्थों में अव्ययीभाव समास के प्रयोग देखे जा सकते हैं, जिनमें से कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं –

क्रम सं.	लौकिक विग्रह	सामासिक शब्द	अर्थ
1.	शरदः समीपम्	उपशरदम्	शरद् के समीप
2.	विपाशम् प्रति	प्रतिविपाशम्	व्यास नदी के सम्मुख
3.	जरायाः समीपम्	उपजरसम्	बुढ़ापे के समीप
4.	राज्ञः समीपम्	उपराजम्	राजा के समीप
5.	आत्मनि इति	अध्यात्मम्	आत्म में
6.	राज्ञि इति	अधिराजम्	राजा में
7.	चर्मणः समीपम्	उपचर्मम्	चर्म के समीप
8.	नद्याः समीपम्	उपनदन् / उपनदि	नदी के समीप
9.	पौर्णमास्याः समीपम्	उपपौर्णमासम्	पूर्णिमा के समीप
10.	दिशः समीपम्	उपदिशम्	दिशा के समीप
11.	दिशि इति	अधिदिशम्	दिशा में
12.	मनसि	अधिमनसम्	मन में
13.	सरितः समीपम्	उपसरितम् / उपसरित	सरिता के समीप
14.	गोः समीपे	उपगो, उपगू	गाय के समीप
15.	कृष्णस्य समीपम्	उपकृष्णम्	कृष्ण के समीप
16.	गंगायाः समीपम्	उपगंगम्	गंगा के समीप

17.	यमुनायाः समीपम्	उपयमुनम्	यमुना के समीप
18.	जनानाम् अभावः	निर्जनम्	लोगों का अभाव
19.	विघ्नानां अभावः	निर्विघ्नम्	विघ्नों का अभाव
20.	द्वन्द्वानां अभावे	निर्द्वन्द्वम्	द्वन्द्व का अभाव
21.	मक्षिकाणां अभावे	निर्मक्षिकम्	मक्खियों का अभाव
22.	रथस्य पश्चात्	अनुरथम्	रथ के पीछे
23.	हरेः पश्चात्	अनुहरि	हरि के पीछे
24.	ग्रहस्य पश्चात्	अनुग्रहम्	ग्रह के पीछे
25.	विष्णोः पश्चात्	अनुविष्णु	विष्णु के पीछे
26.	दिनं दिनं प्रति	प्रतिदिनम्	प्रत्येक दिन
27.	अक्षरम् अक्षरं प्रति	प्रत्यक्षरम्	प्रत्येक अक्षर
28.	अर्थम् अर्थम् प्रति	प्रत्यर्थम्	प्रत्येक अर्थ
29.	सुखम् अनतिक्रम्य	यथासुखम्	सुख के अनुसार
30.	राज्यम् अनतिक्रम्य	यथाराज्यम्	राज्य के अनुसार
31.	मन्दिरस्य समीपम्	उपमन्दिरम्	मन्दिर के समीप
32.	गोपि इति	अधिगोपम्	गोप में
33.	प्रत्यूहानाम् अभावः	निष्प्रत्यूहम्	प्रत्यूहों का अभाव
34.	मशकानाम् अभावः	निर्मशकम्	मशकों का अभाव
35.	भारतानां समृद्धिः	सुभारतम्	भारतियों की समृद्धि
36.	मगधानां समृद्धिः	सुमगधम्	मगध के लोगों की समृद्धि
37.	शकानां व्यृद्धिः	दुःशकम्	शकों की व्यृद्धि
38.	क्रोध सम्प्रति न युज्यते	अतिक्रोधम्	क्रोध इस समय युक्त नहीं
39.	मौन सम्प्रति न युज्यते	अतिमौनम्	मौन इस समय युक्त नहीं
40.	कालम् अनतिक्रम्यः	यथाकालम्	काल के अनुसार
41.	बुद्धिम् अनतिक्रम्यः	यथाबुद्धि	बुद्धि के अनुसार
42.	पितुः पश्चात्	अनुपितृ	पिता के पीछे

43.	मुनोः पश्चात्	अनुमुनि	मुनि के पश्चात्
44.	वृद्धस्य आनुपूर्व्येण	अनुवृद्धम्	वृद्ध के क्रम में
45.	ह्रस्वस्य आनुपूर्व्येण	अनुह्रस्वम्	ह्रस्व के क्रम में
46.	पुस्तकेन युगपत्	सपुस्तकम्	पुस्तक के साथ
47.	तद्धित प्रकरण पर्यन्तम्	सतद्धितम्	तद्धित प्रकरण तक
48.	अक्ष्णोः योग्यम्	समक्षम्	आँखों के सामने
49.	अक्ष्णोः पश्चात्	अन्वक्षम्	आँखों से परे
50.	अक्ष्णः परम्	परोक्षम्	निपातन

इस प्रकार प्रस्तुत लेख में समास के स्वरूप, प्रकार एवं विशेषतः केवल और अव्ययीभाव समास के प्रयोग पर विचार किया गया है। इसी प्रकार आगामी लेख में शेष समास–प्रकारों के स्वरूप एवं प्रयोग पर विचार किया जाएगा।

अनुवाद

1. वागर्थाविव जगतः पितरौ पार्वतीपरमेश्वरौ वन्दे।
   (शब्द और अर्थ के सदृश संसार के माता–पिता पार्वती और परमेश्वर शिव की वन्दना करता हूँ।)
2. अत्र निर्मक्षिकमस्ति।
   (यह स्थान मक्खियों से रहित है।)
3. पंजाबः पञ्चनदप्रदेशः अस्ति।
   (पंजाब पाँच नदियों से युक्त प्रदेश है।)
4. राजपुरुषः प्रासादतः अत्रैव आगच्छति।
   (राजपुरुष महल से यही आ रहा है।)
5. श्री अटलबिहारीवाजपेयीमहोदयः भारतस्य भूतपूर्वः प्रधानमन्त्री वर्तते।
   (श्री अटल बिहारी वाजपेयी महोदय भारत के भूतपूर्व प्रधानमन्त्री हैं।)
6. जगतः अन्धकारस्य हरणात् हरेः इतिहरि प्रसिद्धोऽस्ति।
   (संसार के अन्धकार का हरण करने से हरि का 'इतिहरि' शब्द प्रसिद्ध है।
7. स्वाध्यायकाले अतिनिद्रां वर्जयेत्।
   (स्वाध्याय काल में अतिनिद्रा का त्याग करना चाहिए।)
8. राधिका प्रतिदिनं वाटिकायां भ्रमणं करोति।
   (राधिका प्रतिदिन वाटिका में भ्रमण करती है।)
9. भारतीयसंस्कृतिः अध्यात्मप्रधाना।
   (भारतीय संस्कृति अध्यात्मप्रधान है।)
10. हे पार्थ! यथाशक्ति कार्य करोतु।
   (हे अर्जुन! अपनी शक्ति के अनुसार कार्य करो।)

List of Review Coordinators

(Excellently Coordinated with Reviewers for Critical Review)

- **Dr. Shalu**
  Department of Computer Applications
  Faculty of Computing, Guru Kashi University
  Talwandi Sabo, Bhatinda, Punjab
  drshalu71755@gku.ac.in

- **Dr. Deepak Joshi**
  Department of Electronics Engineering
  SVNIT, Surat
  d.joshi@eced.svnit.ac.in

- **Dr. Rahul Dixit**
  Department of Artificial Intelligence
  SVNIT, Surat
  rahuldixit@aid.svnit.ac.in

भाषा सुधार (Language Comprehension)

- **Dr. Adarsh Mangal**
  Department of Mathematics,
  Engineering College Ajmer (Rajasthan)
  dradarshmangal@vigyanprakash.in

- **Prof. K.K. Mishra**
  Homi Bhabha Centre for Science Education
  TIFR, Mumbai
  kkm@hbcse.tifr.res.in

- **Mr. Ram Sharan Das**
  49, Sector-4, Vaishali,
  Ghaziabad - 201010 (U.P.)
  rsgupta_248@yahoo.co.in

• • • List of Reviewers • • •

- **Dr. Atul Kumar Agrawal**
  Chief Scientist (Former) & Professor AcSIR
  CSIR - CBRI, Roorkee
  atulcbri@rediffmail.com

- **Dr. Hemlata**
  Sr. Scientist & Assistant Professor
  CSIR- CBRI, Roorkee
  hemlata@cbri.res.in

- **Dr. Ram Singar Yadav**
  Department of Mechanical Engineering
  SVNIT, Surat
  rsy@med.svnit.ac.in

- **Prof. M.K. Gaur**
  Department of Mechanical Engineering
  MITS, Gwalior
  mkgaur@mitsgwalior.in

- **Dr. Tejinder Singh**
  Department of Computer Applications
  Baba Farid Group of Institutions
  Deon, Punjab
  tejinder31@gmail.com

- **Dr. Vishal Gaur**
  Department of Computer Applications
  Government Engineering College
  Bikaner
  dr.vishalgoar@gmail.com

विज्ञान प्रकाश – विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
Formerly UGC-CARE Listed Peer Reviewed Journal, ISSN: 1549-523-X

लेखकों के लिए निर्देश (Instructions for Authors)

(क) संपादन नीति, समीक्षा प्रक्रिया एवं स्वीकृति (Editorial Policy, Review Process and Acceppance)

विज्ञान प्रकाश ISSN: 1549–523–X हिंदी में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी का रिसर्च जर्नल है। जिसका मुख्य उद्देश्य विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी, विज्ञान शिक्षा तथा विज्ञान संचार के क्षेत्रों में हो रहे शोध अध्ययन एवं आलेखों को हिंदी में प्रकाशित करना है। इस शोध जर्नल में प्रकाशित किए जाने वाले सभी शोध पत्रों को कम से कम तीन विशेषज्ञों से रिव्यू कराया जाता है तथा इसका मूल्यांकन मुख्यतः लेख की मौलिकता, इसकी सामग्री, लेखन की स्टाइल, संरचना तथा सुस्पष्टता के आधार पर किया जाता है। लेख में तथ्यों एवं जानकारी की स्पष्ट एवं तर्कसंगत प्रस्तुति आवश्यक है। यदि आवश्यक हुआ तो लेखक को लेख में सुधार/संशोधन के लिए भेजा जा सकता है। शोध पत्र/आलेख में दिए गए प्रत्येक कथन, तथ्य एवं जानकारी की सत्यता आदि के लिए लेखक ही पूरी तरह जिम्मेदार होगा।

(ख) शोध पत्र/लेख की संरचना एवं फॉर्मेट (Structure and Format of the Research Papers/Articles)

1. विज्ञान लेखकों, वैज्ञानिकों तथा शोध छात्र/छात्राओं से वैज्ञानिक विषयों पर शोधपरक लेख एवं नवाचार संबंधी हिंदी में रोचक एवं ज्ञानवर्धक सामग्री आमंत्रित है।
2. लेख लगभग 2000 से 5000 शब्दों के बीच हिंदी में होने चाहिए। लेख के साथ लगभग 100 शब्दों का सारांश भी आवश्यक है। लेख यूनिकोड फॉन्ट में जिसमे संपादन में आसानी हो। लेख में दिए गए चित्र, ग्राफ, तालिका आदि स्पष्ट हों, ताकि प्रकाशन में बाधा न हो।
3. लेख का शीर्षक, लेखक का नाम–पता, मुख्य शब्द (की–वर्ड्स) तथा इसका सारांश हिंदी तथा अंग्रेजी दोनों में होना अनिवार्य है। इससे इंटरनेट पर खोजने में यह लेख भी मिल सकेगा।
4. सभी लेख तकनीकी लेखन के मानकों के आधार पर होने चाहिए, जिसमें प्रत्येक संदर्भ का लेख में यथोचित क्रॉस रेफरेंसिंग किया गया हो।
5. सभी संदर्भो की सूची लेख के अंत में निम्नलिखित फॉर्मेट में दी जानी चाहिए:
   a. पुस्तकों के लिए लेखक/कों का नाम, पुस्तक का नाम, प्रकाशक का नाम एवं पता, प्रकाशन वर्ष तथा पृष्ठ संख्या, इसी क्रम में होनी चाहिए।
   b. शोध पत्रों के लिए अंग्रेजी लेखों का संदर्भ अंग्रेजी में तथा हिंदी लेखों का संदर्भ हिंदी में होना चाहिए, जैसा कि नीचे उदाहरण दिए गए हैं।
      - Om Vikas, and S K Basandra, "Dada Algebra and its Application in Database Design", Information Processing Letters, Vol 23, 1986, pp 47–54.
      - ओम विकास, "वैदिक संगणना प्रविधि–प्रतिमान", विज्ञान प्रकाश, 2012, वर्ष–12 अंक–1–2
   c. हिंदी पत्रिकाओं के संदर्भ हिंदी में तथा अंग्रेजी पत्रिकाओं/जर्नल के संदर्भ अंग्रेजी में ही दें। उनका लिप्यांतरण न करें। वेबसाइट के रेफरेंस में यूआरएल (URL) भी दिया जाए।
6. लेखक शोध विषय के आधार पर तीन या अधिक विशेषज्ञ रिव्यूअर (समीक्षकों) के नाम, पद नाम, संस्था, पता, ई–मेल और फोन नंबर भी दें। सभी रिव्यूअर अलग–अलग संस्थानों के हों।
7. लेख की फाइल के साथ दूसरी फाइल में लेखकों और विशेषज्ञ रिव्यूअरों के नाम, पदनाम, संस्था का नाम व पता, ई–मेल तथा संपर्क फोन नंबर/मोबाइल नंबर भी दें।
8. लेखक का शैक्षिक एवं शोध रुचियों का संक्षिप्त परिचय (लगभग 50 शब्दों में) उपलब्ध कराएं तो अच्छा होगा। तकनीकी शब्दावली csttpublication.mhrd.gov.in/english/ पर उपलब्ध है।
9. नवोदित तकनीकी लेखक अपनी विशेषज्ञता के क्षेत्र में नए विषय क्षेत्र को आरंभ करने वाले मौलिक लेखों (सेमीनल पेपरों) को आधार बनाकर अनुसृजन लेखन कर सकते हैं।
10. इन्नोवेशन और रिसर्च को प्रोत्साहित करने वाले प्रोग्राम तथा प्रतियोगिता आदि की संक्षिप्त रिपोर्टों का भी स्वागत है।
11. शोध पत्र कैसे भेजें? 'विज्ञान प्रकाश' में प्रकाशन हेतु शोधपरक लेख ईमेल द्वारा editorvigyanprakash@gmail.com पर भेज सकते हैं। देखिए Website: www.VigyanPrakash.in

VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology :
Formerly UGC-CARE listed Peer Reviewed Journal, ISSN:1549-523-X

Vision: High-Tech research to reach out widely promoting inclusive innovation and entrepreneurship.

Mission: Publication of quality research articles in Hindi in Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics, Bio-science, Medical Science, Agriculture and Environment), Engineering and Technology, and promoting creative ideas for innovation, incubation and entrepreneurship.

Submission: Title, Author affiliation, abstract and keywords be in both Hindi and English, and references as they are originally referred to. Overview Articles and research papers must be **original without plagiarism**. Authors need to mention three or more subject experts also from different institutions to review the submitted article. Articles may be submitted to editorvigyanprakash@gmail.com

विज्ञान प्रकाश वर्ष : 23, अंक 3, जुलाई–सितम्बर 2025 ISSN : 1549-523-X

भारतीय दृष्टि में सृष्टि शब्द का समन्वय

विज्ञान और प्रकाश के बोध में अनेक प्राकृतिक एवं अलौकिक सत्ताभूत जिज्ञासाएँ आन्दोलित करती हैं – मानव मन को और उसकी चेतना को। इस जगत् का कारण कौन है, जीवन का आधार क्या है, किसी के होने की आधारभूत संकल्पनाएँ कैसी हैं, सृष्टि और नाश की प्रक्रिया क्यों होती है – ऐसे अनेक अनगिनत प्रश्न हैं, जिनके उत्तर का औन्मुख्य सृष्टि के कारणभूत तत्त्वों पर विचार करने के लिए अभिप्रेरित करता है। सृष्टि की उत्पत्ति हमेशा से मानव के लिए एक जिज्ञासा का विषय रहा है। 'सृष्टि' शब्द की व्युत्पत्ति संस्कृत के 'सृज्' धातु में 'क्तिन्' प्रत्यय के संयोग से हुई है, जिसका अर्थ है **रचना करना** या **उत्पन्न करना**। अत: 'सृष्टि' का सीधा अर्थ है – **रचना या उत्पत्ति।**

सृष्टि की एक निरन्तर परम्परा है। वह पूर्व में अनन्तवार होती रही, वर्तमान में चल रही है और भविष्य में होगी। युगानुसार कुछ अन्तर के साथ ह्रास–वृद्धि होने पर भी सृष्टि की मूल संरचना वही रहती है। इसका अत्यन्ताभाव भी नहीं होता। वस्तुतः इसके पदार्थ अपने मूल कारण में लीन हो जाते हैं और प्रसुप्त अवस्था में रहते हैं। युगानुसार सभी पदार्थ पुनः अपने मूल कारण से प्रकट हो जाते हैं। यही विज्ञान का भी मत है। सृष्टि का इतिहास जानना मनुष्य के लिए अशक्य है। इसका कारण यह है कि उपर्युक्त सद्ग्रन्थ एवं दर्शन के अनुसार जिस सृष्टि में हम आज विद्यमान हैं वह पूर्व में कभी नहीं थी अथवा भविष्य में कभी नहीं होगी; ऐसा नहीं है। हम केवल उस परम्परा के इतिहास के स्वभाव को आकलित कर वर्तमान को समझने का प्रयास कर सकते हैं।

सृष्टि के विषय में विभिन्न दार्शनिक प्रस्थानों में संघनित विमर्श हुआ है। इनमें सामान्यतः सृष्टि के आधार के रूप में चेतन और प्रकृति (अव्यक्त) की चर्चा देखने को मिलती है। कहीं ब्रह्म और व्यक्त की कारणभूत अव्यक्त प्रकृति, कहीं शिव और शक्ति का सामरस्य, कहीं ब्रह्म और माया, कहीं पुरुष और प्रकृति के रूप में इन्हें प्रकाशित किया गया है। सृष्टि के संबंध में लगभग सभी दार्शनिक प्रस्थानों में पञ्च महाभूतों की भूमिका विशेष रूप से उल्लिखित है – पृथ्वी, जल, अग्नि, वायु एवं आकाश। सृष्टि के सम्बन्ध में ऋग्वेद में हिरण्यगर्भसूक्त, नासदीयसूक्त और पुरुषसूक्त आदि अनेक सूक्त उपनिबद्ध हैं।

ऋग्वेद का नासदीयसूक्त (10.129) सृष्टि की उत्पत्ति से पहले की स्थिति का वर्णन करता है। यह बताता है कि उस समय न तो अस्तित्व था, न ही अनस्तित्व, बल्कि एक अंधकारमय, अप्रकाशित और बिना रूप वाला पदार्थ था। फिर परमात्मा के मन में सृष्टि करने की इच्छा (काम) उत्पन्न हुई, उसी मन से बीज अर्थात् सृष्टि का कारण उत्पन्न हुआ, जो सृष्टि का आरम्भ बिन्दु था। नासदीयसूक्त सृष्टि के उद्‌गम को एक रहस्य के रूप में प्रस्तुत करता है, जो आधुनिक विज्ञान के कई सिद्धान्तों से मेल खाता है। ऋग्वेद (10.190.1) का वचन है कि परमेश्वर के दीप्तिमान तप से ऋत और सत्य उत्पन्न हुए। उससे आकाश उत्पन्न हुआ। आकाश से संवत्सर उत्पन्न हुआ। परमेश्वर ने दिन और रात बनाए। सूर्य और चन्द्र को भी बनाया। यह सब उसने पूर्वकल्प के अनुसार ही बनाये। उसने पृथ्वी, अन्तरिक्ष और द्युलोकों का भी निर्माण किया।

मत्स्यपुराण (2/22:142/36) के अनुसार प्रत्येक मन्वन्तर के अन्त में पृथ्वीजलमग्न हो जाती है तथा पुनः अगले मन्वन्तर के प्रारम्भ में पृथ्वी के कुछ भाग जल से निकल जाते हैं जिस पर पुनः जीव, जन्तु एवं वृक्ष आदि उत्पन्न हो जाते हैं। मनु पुनः सन्तति उत्पन्न करते हैं, जिसकी परम्परा उस मनुकाल तक चलती है। इसके अन्त में पुनः पृथ्वी जलमग्न हो जाती है। इसे खण्ड प्रलय कहते हैं। यहाँ जलमय होने का अर्थ है कि एक सर्वोच्च पर्वत पर मनु आश्रित रह कर जल के घटने एवं सूखने की प्रतीक्षा करते हैं। इस प्रकार 14 मनुकाल व्यतीत होने पर कल्पकाल का अन्त होता है, जो ब्रह्मा का एक दिन माना जाता है। इस समय प्राकृतिक प्रलय होती है। जब ब्रह्मा की आयु समाप्त होती है तो महाप्रलय होती है। इस समय पृथ्वी सहित सम्पूर्ण ब्रह्माण्ड नष्ट हो जाता है। विष्णुपुराण (6/1/3) में इसका वर्णन है।

आधुनिक वैज्ञानिक दृष्टिकोण से सृष्टि की उत्पत्ति लगभग 13.8 अरब साल पहले बिग बैंग सिद्धान्त से हुई, जब एक अत्यन्त सघन और गर्म बिन्दु (सिंगुलैरिटी) में अचानक विस्तार हुआ। इस विस्तार के साथ अन्तरिक्ष और समय की शुरुआत हुई, और ब्रह्माण्ड के ठण्डे होने पर कणों से तारे, आकाशगंगाएँ और ग्रह बने। पहले, पूरा ब्रह्माण्ड एक एकल, अविश्वसनीय रूप से गर्म और सघन बिन्दु था, जिसे 'सिंगुलैरिटी' कहा जाता था। इस बिन्दु में एक विशाल विस्फोट हुआ, जो ब्रह्माण्ड का विस्तार है। जैसे–जैसे ब्रह्माण्ड का विस्तार हुआ और ठण्डा हुआ, उप–परमाणु कणों ने मिलकर परमाणु बनाए। ये परमाणु आकाशगंगाओं, तारों और ग्रहों का निर्माण करने के लिए गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में एक साथ आए। हमारा सौर मण्डल और पृथ्वी भी इसी प्रक्रिया से बने हैं। पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति एक जटिल रासायनिक प्रक्रिया मानी जाती है। प्रारम्भिक रासायनिक अणुओं ने मिलकर बड़े कार्बन अणु बनाए, जो अन्ततः निर्जीव से सजीव में बदल गए। ब्रह्माण्डीय कॉस्मिक माइक्रोवेव बैकग्राउंड (सी.एम.बी.) से लेकर आकाशगंगाओं के वितरण तक के अवलोकन बिग बैंग सिद्धान्त का समर्थन करते हैं। वैज्ञानिक अभी भी पूरी तरह से यह नहीं समझ पाए हैं कि सृष्टि वास्तव में कैसे शुरू हुई। बिग बैंग से ठीक पहले क्या था, यह अभी भी एक रहस्य है। आवश्यकता है कि इन शास्त्रीय और वैज्ञानिक आधारों के सामंजस्य से नये शोध को प्रोत्साहित किया जाए, जो समग्रता में विषयों को पुनःस्थापित कर सकें।

विज्ञान प्रकाश : विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी रिसर्च जर्नल
VIGYAN PRAKASH : Research Journal of Science & Technology
www.VigyanPrakash.in