International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)
E-ISSN: 2582-2160 ● Website: www.ijfmr.com ● Email: editor@ijfmr.com

డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన అల్యూమినియం 6061-T6 పదార్థం యొక్క ప్రయోగాత్మక ధరింపు (Wear) ప్రవర్తన

ఎం. బాల తేజ[1], జి. ప్రభాకర రావు[2], కె. హేమచంద్ర రెడ్డి[3]

[1]అసోసియేట్ ప్రొఫెసర్, మెకానికల్ ఇంజినీరింగ్ విభాగం, శాంతిరామ్ ఇంజినీరింగ్ కళాశాల, నంద్యాల,
[2]ప్రొఫెసర్, మెకానికల్ ఇంజినీరింగ్ విభాగం, అన్నమాచార్య ఇన్స్టిట్యూట్ ఆఫ్ టెక్నాలజీ అండ్ సైన్సెస్, రాజంపేట
[3]ప్రొఫెసర్, మెకానికల్ ఇంజినీరింగ్ విభాగం, జేఎన్‌టీయూఏ ఇంజినీరింగ్ కళాశాల, అనంతపురం
తెలుగు అనువాదం మరియు రూపాంతరం: డా. ఎం. బాల తేజ

సారాంశం
ఈ పరిశోధనా పత్రం యొక్క ప్రధాన ఉద్దేశ్యం అల్యూమినియం 6061 మిశ్రమంపై డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్స ప్రభావాన్ని సూక్ష్మనిర్మాణం, యాంత్రిక లక్షణాలు మరియు ధరింపు లక్షణాల పరంగా అధ్యయనం చేయడం. క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన అల్యూమినియం నమూనాలలో ధరింపు ప్రవర్తన ఎంతవరకు మెరుగుపడిందో విశ్లేషించడం ఈ పరిశోధన యొక్క ముఖ్య లక్ష్యం.
ధరింపు పరీక్షలను నిర్వహించడానికి అల్యూమినియం మిశ్రమాలపై ప్రయోగాత్మక అధ్యయనం చేపట్టబడింది. ద్రవ నైట్రోజన్ ఆధారిత క్రయోజెనిక్ శీతలకరణిని ఉపయోగించడం ద్వారా క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన అల్యూమినియం నమూనాల ధరింపు నిరోధకత, చికిత్స పొందని నమూనాలతో పోలిస్తే సుమారు 25% వరకు పెరిగినట్లు గుర్తించబడింది.
ఈ చికిత్సను మూడు వేర్వేరు కాల వ్యవధుల్లో, మూడు వేర్వేరు భ్రమణ వేగాల (RPM) వద్ద మరియు భిన్న లోడ్లలో నిర్వహించారు. అలాగే ఈ పరిస్థితుల్లో సూక్ష్మనిర్మాణ మార్పులను కూడా పరిశీలించారు. ప్రయోగ ఫలితాలు క్రయోజెనిక్ చికిత్స వలన అల్యూమినియం ధరింపు నిరోధకత సుమారు 25% వరకు మెరుగుపడినట్లు నిర్ధారించాయి.

కీలక పదాలు: డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్స, ధరింపు (Wear), సూక్ష్మనిర్మాణం (Microstructure)

1. పరిచయం
"క్రయోజెనిక్స్" అనే పదం గ్రీకు భాషలోని రెండు పదాలైన "**క్రయోస్ (Kryos)**" మరియు "**జెనిక్ (Genic)**" నుండి ఉద్భవించింది. "క్రయోస్" అంటే మంచు లేదా గడ్డకట్టడం, "జెనిక్" అంటే ఉత్పత్తి చేయడం అనే అర్థాలు కలిగి ఉన్నాయి. సాంకేతిక పరంగా, అత్యల్ప ఉష్ణోగ్రతల వద్ద పదార్థాల ప్రవర్తన మరియు వినియోగాన్ని అధ్యయనం చేసే శాస్త్రాన్ని క్రయోజెనిక్స్ అంటారు.
1960ల చివరి దశ నుండి పదార్థాల యాంత్రిక లక్షణాలను మెరుగుపరచడానికి క్రయోజెనిక్ చికిత్సను ఉపయోగించడం ప్రారంభమైంది. క్రయోజెనిక్ చికిత్స అనేది పదార్థాలను −190°C కంటే తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలకు చల్లబరచి, మిగిలిన అంతర్గత ఒత్తిడులను తొలగించి, ధరింపు నిరోధకతను పెంచే ప్రక్రియ.

ఇటీవలి కాలంలో ఈ విధానం పదార్థాల ఇతర లక్షణాలను ప్రభావితం చేయకుండా వాటి యాంత్రిక పనితీరును మెరుగుపరచడానికి విస్తృతంగా ఉపయోగించబడుతోంది. ముఖ్యంగా అల్యూమినియం మిశ్రమాలలో క్రయోజెనిక్ చికిత్స కాఠిన్యం, ధరింపు నిరోధకత, మరియు యాంత్రిక బలాన్ని పెంచడంలో కీలక పాత్ర పోషిస్తుంది.

2. ప్రయోగ విధానం (Experimental Procedure)

2.1 పదార్థాల డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్స

పదార్థాల యాంత్రిక ప్రక్రియలలో క్రయోజెనిక్ శీతలీకరణ పద్ధతులను ప్రధానంగా నాలుగు వర్గాలుగా విభజించవచ్చు:

1. పరోక్ష క్రయోజెనిక్ శీతలీకరణ
2. క్రయోజెనిక్ టూల్ బ్యాక్ కూలింగ్
3. వాహక (Conductive) రిమోట్ కూలింగ్
4. క్రయోజెనిక్ జెట్ లేదా ఫ్లడ్ కూలింగ్

క్రయోజెనిక్ చికిత్స అనంతరం మిశ్రమాలలో టూల్ ధరింపు (Tool Wear) గణనీయంగా తగ్గినట్లు గుర్తించారు.

చిత్రం–1

ఈ పరిశోధనలో 20 లీటర్ల సామర్థ్యం గల పాత్రలో ద్రవ నైట్రోజన్‌ను నిల్వ చేశారు. నిమిషానికి 2 లీటర్ల సామర్థ్యం గల పంపును అమర్చారు. 3 మి.మీ వ్యాసం గల నాజిల్‌ను అర్ధ అంగుళం ప్లాస్టిక్ పైపుతో అనుసంధానించి క్రయోజెనిక్ శీతలీకరణ వ్యవస్థను ఏర్పాటు చేశారు.
50 మి.మీ పొడవు గల నమూనాపై యంత్ర ప్రక్రియ నిర్వహించి, ఖచ్చితమైన స్టాప్‌వాచ్ సహాయంతో సమయాన్ని నమోదు చేశారు. వర్క్‌పీస్ మరియు కటింగ్ టూల్‌లకు ముందస్తు క్రయోజెనిక్ శీతలీకరణ అందించారు.

3. ప్రయోగ ఫలితాలు మరియు చర్చలు (Experimental Results and Discussions)

3.1 ధరింపు పరీక్ష (Wear Test)

ఇటీవలి కాలంలో పదార్థాల యాంత్రిక లక్షణాలను మెరుగుపరచడంలో, ముఖ్యంగా ధరింపు నిరోధకతను పెంచడంలో, క్రయోజెనిక్ చికిత్స ప్రాముఖ్యతను సంతరించుకుంది.

3.1.1 పిన్-ఆన్-డిస్క్ ధరింపు పరీక్ష (Pin-on-Disc Wear Test)

ధరింపు అనేది అనేక కారకాలపై ఆధారపడి ఉంటుంది. అవి:

- ప్రయోగ లోడ్
- స్లైడింగ్ వేగం
- స్లైడింగ్ దూరం
- పదార్థ లక్షణాలు
- పరీక్షా పరిస్థితులు

పరీక్షకు ముందు నమూనాల ఉపరితలాలను 1000 గ్రిట్ అబ్రాసివ్ పేపర్‌తో పాలిష్ చేశారు.

పరీక్ష నమూనాల పరిమాణాలు

పిన్ (Pin):

- వ్యాసం = 10 మి.మీ
- పొడవు = 30 మి.మీ

డిస్క్ (EN31 Steel Disc):

- వ్యాసం = 165 మి.మీ
- మందం = 10 మి.మీ
- కాఠిన్యం = 58–60 HRC

పిన్‌ను తిరుగుతున్న డిస్క్‌పై నిర్ణీత లోడ్‌తో నొక్కి ఉంచి ధరింపు పరీక్ష నిర్వహించారు. డిస్క్ తిరుగుతూ ఉండగా పిన్ మరియు డిస్క్ మధ్య ఘర్షణ వల్ల ధరింపు ఏర్పడుతుంది.

పట్టిక – 1

500, 1000 మరియు 1500 RPM వద్ద నిర్వహించిన ధరింపు పరీక్ష ఫలితాలు

RPM	500	500	1000	1000	1500	1500
చికిత్స	క్రయోజెనిక్	సాధారణ	క్రయోజెనిక్	సాధారణ	క్రయోజెనిక్	సాధారణ
సమయం (గం.)	8	8	24	24	48	48
లోడ్–1	5.85	50	52	45	46.6	40
లోడ్–2	73	68	72	61	64	55
లోడ్–3	83	72	87	75	98	85

పట్టిక 1: వివిధ RPMలు మరియు లోడ్ల వద్ద క్రయోజెనిక్ మరియు సాధారణ నమూనాల ధరింపు ఫలితాలు.

ప్రతి పరీక్ష అనంతరం పిన్ బరువు నష్టాన్ని (Mass Loss) ధరింపుగా పరిగణించారు.

పరీక్షా పరామితులు:

- Wear Track Diameter : 10–140 mm
- Sliding Velocity : 0.26–12 m/s
- Disc Speed : 100–2000 rpm
- Load : 10–200 N

ఈ పరిశోధనలో ప్రధానంగా:

- 10 N
- 20 N
- 30 N

లోడ్ల వద్ద ప్రయోగాలు నిర్వహించారు.

ప్రతి నమూనాను 600 సెకన్ల పాటు పరీక్షించి బరువు తగ్గుదల ఆధారంగా ధరింపు రేటును లెక్కించారు.

3.1.2 ధరింపు రేటు (Wear Rate)

ధరింపు రేటు అనేది ఇంజినీరింగ్ అనువర్తనాలలో పదార్థం యొక్క సేవా జీవితాన్ని నిర్ణయించే అత్యంత ముఖ్యమైన ప్రమాణాలలో ఒకటి.
పిన్-ఆన్-డిస్క్ పరీక్షలో ధరింపు రేటును, పరీక్ష ప్రారంభం నుండి నిర్దిష్ట సంఖ్యలో చక్రాల వరకు తొలగించబడిన పదార్థ మందం (Material Removal) ఆధారంగా నిర్ణయిస్తారు.
క్రయోజెనిక్ చికిత్స వలన:

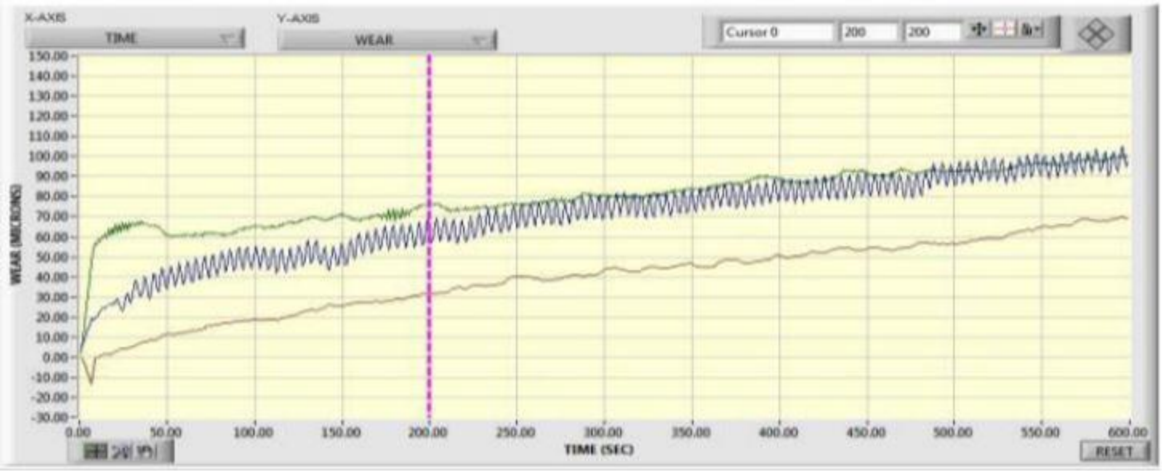
- పదార్థ ఉపనిర్మాణంలో (Substructure) డిస్లోకేషన్ పంపిణీ మెరుగుపడుతుంది.
- తక్కువ ఉష్ణోగ్రతల కారణంగా అధిక సాంద్రత గల అవక్షేపాలు (Precipitates) ఏర్పడతాయి.
- సూక్ష్మ నిర్మాణం మరింత సున్నితంగా మారుతుంది.
- ఫలితంగా కాఠిన్యం మరియు ధరింపు నిరోధకత పెరుగుతాయి.

ఈ పరిశోధనలో అత్యధిక లోడ్ మరియు RPM వద్ద కూడా క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన నమూనాలు మెరుగైన పనితీరును ప్రదర్శించాయి.

చిత్రం–2 : పిన్-ఆన్-డిస్క్ ధరింపు పరీక్ష యంత్రం

ఈ పరిశోధనలో ఉపయోగించిన పిన్-ఆన్-డిస్క్ యంత్రం ద్వారా అల్యూమినియం నమూనాల ధరింపు ప్రవర్తనను విశ్లేషించారు.
పరీక్ష సమయంలో:

- పిన్ నమూనా తిరుగుతున్న డిస్క్‌పై ఒత్తిడితో నొక్కబడింది.
- నిరంతర ఘర్షణ కారణంగా పదార్థ తొలగింపు జరిగింది.
- బరువు నష్టం ఆధారంగా ధరింపు పరిమాణం లెక్కించబడింది.



చిత్రం–3(a) విశ్లేషణ

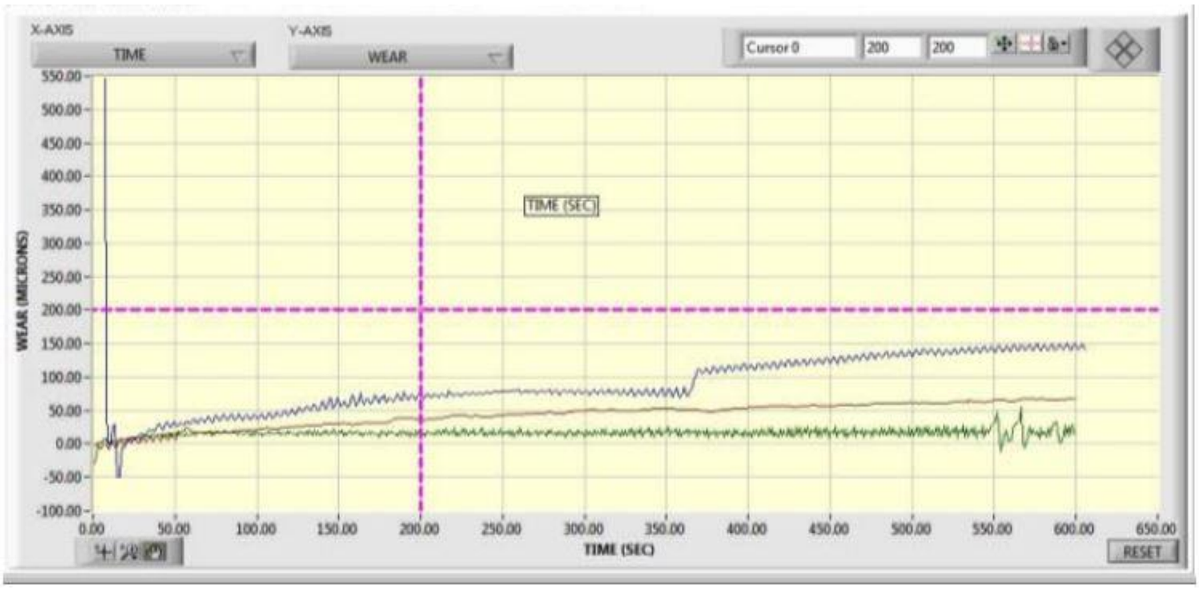
క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన మరియు పొందని Al 6061-T6 నమూనాల ధరింపు ఫలితాలు

చిత్రం 3(a) ప్రకారం:

600 సెకన్ల పరీక్ష అనంతరం:

- క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన నమూనాలో గరిష్ఠ ధరింపు ≈ 70 మైక్రాన్లు
- NiCoW పూత కలిగిన నమూనాలో ధరింపు ≈ 40 మైక్రాన్లు

ఈ ఫలితాలు క్రయోజెనిక్ చికిత్స వలన ధరింపు గణనీయంగా తగ్గినట్లు సూచిస్తున్నాయి.
ధరింపు తగ్గుదల సుమారు:**42%**వరకు నమోదైంది.



చిత్రం–3(b) విశ్లేషణ

క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందని నమూనాలలో:

600 సెకన్ల తరువాత ధరింపు:

≈ 120 మైక్రాన్లు

గా నమోదైంది.

అంటే క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన నమూనాలతో పోలిస్తే ధరింపు చాలా ఎక్కువగా ఉంది.
దీనివల్ల క్రయోజెనిక్ చికిత్స ధరింపు నిరోధకతను గణనీయంగా పెంచుతుందని స్పష్టమవుతుంది.

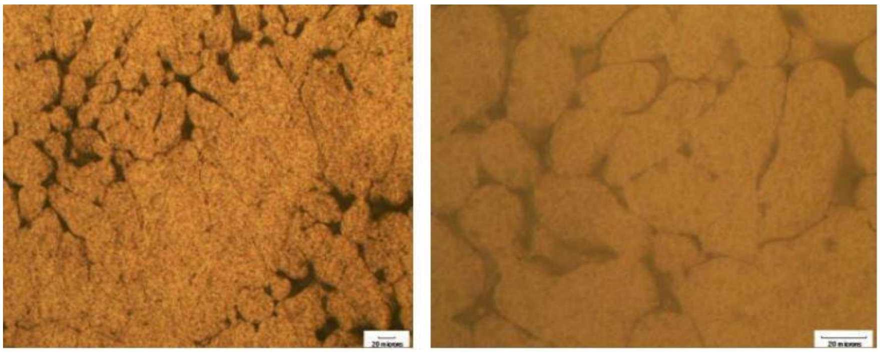
4. సూక్ష్మనిర్మాణ పరిశీలన (Microstructural Investigation)
Al 6061-T6 నమూనాలను:
- 8 గంటలు
- 24 గంటలు
- 48 గంటలు

డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్సకు గురిచేశారు.
తరువాత:
- 500 RPM
- 1000 RPM
- 1500 RPM

వేగాల వద్ద,
మరియు
- 1 కిలోగ్రాము
- 2 కిలోగ్రాములు
- 3 కిలోగ్రాములు

లోడ్ల వద్ద ధరింపు పరీక్షలు నిర్వహించారు.

SEM విశ్లేషణ
స్కానింగ్ ఎలక్ట్రాన్ మైక్రోస్కోప్ (SEM) ద్వారా సూక్ష్మనిర్మాణాలను పరిశీలించారు.
SEM చిత్రాల ఆధారంగా:



చిత్రం 4 (a): క్రయోజెనిక్ చికిత్స లేని Al 6061-T6 నమూనా
చిత్రం 4 (b): క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన Al 6061-T6 నమూనా

క్రయోజెనిక్ చికిత్స లేని నమూనా
- ధాన్య నిర్మాణం అసమానంగా ఉంది.
- ఉపరితలం కాస్త కఠినంగా కనిపించింది.
- ధరింపు ఆనవాళ్లు ఎక్కువగా కనిపించాయి.

క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన నమూనా
- సూక్ష్మనిర్మాణం మరింత సమానంగా ఉంది.
- ధాన్యాల పంపిణీ మెరుగుపడింది.
- ఉపరితలం మృదువుగా మరియు క్రమబద్ధంగా కనిపించింది.
- ధరింపు గీతలు తక్కువగా ఉన్నాయి.

SEM చిత్రాల ద్వారా క్రయోజెనిక్ చికిత్స అణువుల అమరికను మెరుగుపరచి ఉపరితల నాణ్యతను పెంచినట్లు నిర్ధారించబడింది.

5. ముగింపులు (Conclusions)

ఈ పరిశోధన ఆధారంగా క్రింది నిర్ణయాలు తీసుకోబడ్డాయి:

1. అల్యూమినియం 6061-T6 మిశ్రమంపై క్రయోజెనిక్ చికిత్స ప్రభావాన్ని అధ్యయనం చేశారు.
2. ప్రతి 8 గంటల క్రయోజెనిక్ చికిత్సతో ధరింపు నిరోధకత క్రమంగా పెరిగినట్లు గుర్తించారు.
3. −196°C వద్ద నిర్వహించిన శీతలీకరణ కారణంగా పదార్థ సాంద్రత పెరిగి ధరింపు నిరోధకత మెరుగుపడింది.
4. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు మరియు ఎక్కువ చికిత్స సమయం కాఠిన్యాన్ని పెంచాయి.
5. క్రయోజెనిక్ చికిత్స పొందిన నమూనాలు సాధారణ నమూనాల కంటే మెరుగైన ధరింపు నిరోధకతను ప్రదర్శించాయి.
6. సూక్ష్మనిర్మాణ పరిశీలనలు క్రయోజెనిక్ చికిత్స వలన ధాన్య నిర్మాణం మెరుగుపడినట్లు చూపించాయి.
7. మొత్తంగా డీప్ క్రయోజెనిక్ చికిత్స అల్యూమినియం 6061-T6 మిశ్రమం యొక్క కాఠిన్యం, సూక్ష్మనిర్మాణం మరియు ధరింపు నిరోధకతను మెరుగుపరచే సమర్థవంతమైన ప్రక్రియగా నిరూపితమైంది

గమనిక: మూల ప్రచురణ వివరాలు

తెలుగు అనువాద మరియు అకాడమిక్ రూపాంతర రూపం. మూల పరిశోధనలో పొందిన ఫలితాలు, పట్టికలు, చిత్రాలు, సూక్ష్మనిర్మాణ విశ్లేషణ మరియు సూచనలు యథాతథంగా కొనసాగించబడ్డాయి. ఈ తెలుగు రూపాంతరం యొక్క ఉద్దేశ్యం పరిశోధన ఫలితాలను తెలుగు భాషా పాఠకులకు అందుబాటులోకి తీసుకురావడం.

మూల ఆంగ్ల వ్యాసం:

M. Bala Theja, G. Prabhakara Rao and K. Hemachandra Reddy,
Experimental Wear Behavior of Deep Cryogenically Treated Aluminum 6061 T6 Material,
International Journal of Advanced Engineering Research and Technology (IJAERT),
Volume 6, Issue 3, March 2018, ISSN: 2348-8190.

తెలుగు అనువాదం మరియు అకాడమిక్ రూపాంతరం:డా. ఎం. బాల తేజ

సూచనలు (References)

[1] M. V. Zernin, A. V. Mishin, N. N. Rybkin, S. V. Shil'ko, *Journal of Friction and Wear*, 35(5), 2014, pp. 396–406.
[2] V. M. Aleksandrov, E. A. Gubareva, *Journal of Friction and Wear*, 28(3), 2007, pp. 239–245.
[3] M. V. Chernets, *Journal of Friction and Wear*, 36(2), 2015, pp. 163–169.
[4] M. V. Chernets, *Journal of Friction and Wear*, 36(2), 2015, pp. 163–169.
[5] G. S. Kataiah, D. P. Girish, *International Journal of Pharmaceutical Studies and Research (IJPSR)*, Vol. I, Issue I, July–September 2010, pp. 17–25.
[6] Dae-Hoon Ko, Dae-Cheol Ko, Hak-Jin Lim, Jung-Min Lee, Byung-Min Kim, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27(7), 2013, pp. 1949–1955.
[7] K. N. Pande, D. R. Peshwe, Anupama Kumar, *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 65(3), 2012, pp. 313–319.

[8] P. Nageswara Rao, R. Jayaganthan, *Materials & Design*, 39, 2012, pp. 226–233.
[9] D. Frölich, B. Magyar, B. Sauer, P. Mayer, B. Kirsch, J. C. Aurich, R. Skorupski, M. Smaga, T. Beck, D. Eifler, *Wear*, Volumes 328–329, 2015, pp. 123–131.
[10] Kaveh Meshinchi Asl, Alireza Tari, Farzad Khomamizadeh, *Materials Science and Engineering A*, 523(1–2), 2009, pp. 27–31.
[11] R. Thornton, T. Slatter, A. H. Jones, R. Lewis, *Wear*, 271(9–10), 2011, pp. 2386–2395.
[12] J. J. Wang, X. X. Xue, Z. Q. Yang, H. Zhang, Y. Zhou, *Advanced Materials Research*, Vol. 1646, 2011, pp. 1646–1650.
[13] Q. C. Wang, Y. L. Ke, *Journal of Zhejiang University Science A*, 37, 2003, pp. 748–754.
[14] Yuan-zhi Zhu, Qiang Wan, Bing-liang Li, Feng Zhou, Ya-feng Zhang, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 24(2), 2014, pp. 477–483.
[15] Fabio Grosselle, Giulio Timelli, Franco Bonollo, *Materials Science and Engineering A*, 527(15), 2010, pp. 3536–3545.
[16] Yi Meng, Jianzhong Cui, Zhihao Zhao, Lizi He, *Materials Characterization*, 92, 2014, pp. 138–148.
[17] Zuqi Hu, Li Wan, Shusen Wu, Han Wu, Xueqiang Liu, *Materials & Design*, 46, 2013, pp. 451–456.
[18] N. Nafsin, H. M. M. A. Rashed, *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, ISSN: 2249-8958, Vol. 2, Issue 5, 2013.
[19] Dunia Abdul Saheb, *ARPN Journal of E*