

Samantekt um Núningsfræði

Núningsfræði er vísindaleg rannsókn á snertiflötum í afstæðri hreyfingu, með áherslu á lögmál núnings, slits og smurningar. Sem þverfaglegt svið sameinar núningsfræði þætti úr vélaverkfræði, efnisfræði, efnafræði og eðlisfræði. Notkun hennar er grundvallaratriði í fjölbreyttri tækni og hefur áhrif á afköst, áreiðanleika og skilvirkni vélrænna kerfa, allt frá iðnaðarvélum og flutningahlutum til líflækningatækja eins og gerviliða.

Grundvallareining í núningsfræði er núningsakerfið (e. tribosystem). Vélarhlutar, efni, smurefni, rekstrarskilyrði og umhverfisþættir mynda saman eina heild sem greina þarf sem kerfi fremur en sem einangraða snertifleti. Þessi kerfisnálgun var sett fram með formlegum hætti af Horst Czichos árið 1978 og telst í dag viðtekin innan fagsins (Czichos, 1978).

Kerfisnálgunin lítur á ytri áhrifaþætti: álag, hraða, hitastig og smurningu; sem inntök sem ákvarða hvort kerfið nálgast stöðugt ástand með litlu sliti eða hvort það stefnir í hraðari hrörun. Endurgjafarferli fela í sér hitaleiðni, efnahvörf og stjórnun af hálfu mannsins. Núningsavirk íbótarefni hafa áhrif á þetta kerfi með því að breyta fyrirbyggjandi gangverki.

Dr. D. N. Garkunov, sovéskur vísindamaður og verkfræðingur, kynnti ásamt samstarfsmönnum sínum hugtakið **valvís flutningur** (e. selective transfer), núningafræðilegt fyrirbæri sem sést við ákveðnar samsetningar álags, hitastigs, efnapörunar og smurningar. Við þessar aðstæður er efni ekki fjarlægt af snertifletinum í hefðbundnum skilningi slits. Þess í stað flyst það á milli flata, sem leiðir til myndunar á þunnu, aðlögunarhæfu núningalagi. Garkunov hlaut gullverðlaun bresku vélaverkfræðistofnunarinnar (IMEchE Tribology Gold Medal) árið 2005 fyrir framlag sitt á sviði valvís flutnings og vetnisslits málma (Tribology Gold Medal Laureates, 2005).

Hefðbundin slitlíkön lýsa núningi sem óafturkræfu ferli þar sem efnistap er ríkjandi. Valvís flutningur sýnir að við ákveðnar aðstæður getur núningur orðið uppbyggilegt yfirborðsferli sem knýr efnisflutning og endurskipulagningu til að bæta núningseiginleika. Núningalagið sem myndast dregur úr núningi, eykur slitþol og breytir efnavirkni snertiflatarins (Ilie o.fl., 2025).

Vetnissöfnun á málmflötum stuðlar að stökkbroti og þreytu og getur átt uppruna sinn í raka úr umhverfinu, niðurbroti smurefna eða aukaafurðum bruna. Vetnisslit málma var annað af tveimur meginframlögum Garkunovs og hluti af rökstuðningi verðlaunanna árið 2005. Rannsóknir á öðrum gerðum núningalaga sýna að stöðug efnalög á snertifleti geta hindrað myndun og íferð atómvetnis í stáli (Ratoi o.fl., 2020). Sú rannsókn fjallar um veltisnertingu í legum, ekki um valvísan flutning sérstaklega, og styður því almennu staðhæfinguna um núningalög fremur en beina tengingu við valvísan flutning.

Niðurstöður Garkunovs gefa til kynna víðtækari breytingu á skilningi á núningakerfum. Í stað þess að líta á vélarhluta sem óvirka þætti sem hrörna jafnt og þétt með tímanum, benda þær til þess að núningssnertifletir geti hagað sér eins og kvik kerfi þar sem yfirborðsástand þróast í samræmi við rekstrarskilyrði.

Í þessu verki eru þessar athuganir túlkaðar innan ramma ójafnvægishitafræði, sérstaklega kenningar Ilya Prigogine um eyðandi formgerðir (Prigogine, 1980). Eyðandi kerfi starfa fjarri jafnvægi og viðhalda skipulagi sínu með því að eyða stöðugt orku. Í núningssnertingu sér núningurinn um þetta orkuflæði; hitamyndun, efnisflutningur og núningsefnafræðileg hvörf virka sem endurgjafarferli sem gera sjálfsprottna myndun skipulegra, aðlögunarhæfra yfirborðslaga mögulega.

Nýlegar rannsóknir styðja þennan ramma: núningalög með eyðandi formgerðum myndast á snertifleti við sjálfsskipulagningu, eftir að kerfið missir varmafræðilegan stöðugleika, og slithraði minnkar í kjölfarið (Gershman o.fl., 2023). **Sú túlkun að athuganir Garkunovs séu sérstök birtingarmynd þessa ferlis er ályktun höfundar þessa texta, ekki niðurstaða sem sótt er beint í tilvitnaðar heimildir.** Þessi túlkun kemur ekki í stað greinandi snertilíkana; hún staðsetur þau innan hitafræðilegs ramma sem tekur tillit til þróunar yfirborðs með tímanum.

Greinandi núningafræði bætir við þetta kerfislæga sjónarhorn með því að varpa ljósi á staðbundin ferli sem liggja að baki núningi. Bowden og Tabor sýndu fram á að raunveruleg snerting á sér stað á smásæjum ójöfnum og staðfestu meginstoð viðloðunar í núningshegðun (Bowden & Tabor, 2001). Peter Jost skilgreindi hugtakið *núningafræði* í skýrslu sinni til breskra stjórnvalda árið 1966 og lagði þar áherslu á bæði vísindalegt og efnahagslegt mikilvægi þess að skilja núning, slit og smurningu (Jost, 1966).

Samanlagt sýna þessi framlög að núningafræði spannar mörg greiningarstig. Greinandi líkön varpa ljósi á staðbundin snertifyrirbæri, á meðan kerfisbundnir og hitafræðilegir rammar veita innsýn í þróun yfirborðsástands og tilkomu stöðugleika eða óstöðugleika með tímanum.

Heimildaskrá

1. **Bowden, F. P. & Tabor, D.** (2001). The Friction and Lubrication of Solids; Oxford Classic Texts in the Physical Sciences. ISBN 978-0-19-850777-2. (Hluti I upphaflega 1950, hluti II 1964.)
2. **Czichos, H.** (1978). Tribology; A Systems Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear; Tribology Series 1. Amsterdam: Elsevier.
3. **Gershman, I. S., o.fl.** (2023). „The Conditions Necessary for the Formation of Dissipative Structures in Tribo-Films on Friction Surfaces That Decrease the Wear Rate." Entropy, 25(5), 771. DOI: 10.3390/e25050771
4. **Ilie, F., Cotici, D. C. & Hristache, A.-F.** (2025). „A Possibility of Tribological Investigation of Physicochemical Processes in a Friction Pair Operating Under Selective Transfer Conditions." Lubricants, 13(8), 331. DOI: 10.3390/lubricants13080331
5. **Jost, H. P.** (1966). Lubrication (Tribology). – A Report on the Present Position and Industry Needs; Department of Education and Science. London: H. M. Stationery Office.
6. **Prigogine, I.** (1980). From Being to Becoming; Time and Complexity in the Physical Sciences; San Francisco: W. H. Freeman.
7. **Ratoi, M., Tanaka, H., Mellor, B. G. o.fl.** (2020). „Hydrocarbon Lubricants Can Control Hydrogen Embrittlement." Scientific Reports, 10, 1361. DOI: 10.1038/s41598-020-58294-y
8. **Tribology Gold Medal Laureates** (2005). Institution of Mechanical Engineers. Verðlaunahafi: Dmitrii Nikolaevich Garkunov, „for achievements in tribology, especially in the fields of selective transfer and of metal hydrogen wear."