

***SAMO-SMARUJĄCE SYSTEMY TRIBOLOGICZNE
PRACUJĄCE W WARUNKACH WYSOKICH TEMPERATUR***

HOTselflub

Jednym z głównych wyzwań współcześnie prowadzonych badań w dziedzinie **tribologii (nauki o tarcii, zużyciu i smarowaniu)** jest redukcja strat energetycznych poprzez minimalizację oporów ruchu i zużycia elementów maszyn. Kwestia ta jest szczególnie istotna w **systemach mechanicznych pracujących w wysokich temperaturach (HOT)**, rzędu 1000°C, w których klasyczne materiały konstrukcyjne i środki smarne nie znajdują zastosowania. Negatywnym skutkiem wpływu wysokiej temperatury na procesy tarcia, przy jednoczesnym braku adekwatnego mechanizmu smarowania, jest występowanie ekstremalnie wysokich oporów ruchu oraz znacząco zwiększona intensywność zużywania elementów trących. W strefie tarcia w wysokich temperaturach istotną rolę odgrywają procesy utleniania, uplastyczniania i pełzania, które to z reguły są nieistotne w procesach niskotemperaturowych. Naukowym celem projektu jest poznanie i opisanie niezwykle złożonych **synergicznych i antagonistycznych relacji** pomiędzy tymi procesami a **tarciem i zużyciem**. Poznanie tych relacji jest kluczowe dla opracowania samo-smarujących systemów tribologicznych dedykowanych do pracy w wysokich temperaturach.

Dla osiągnięcia celu naukowego projektu zawiązано **międzynarodowe konsorcjum**, w skład którego weszły trzy jednostki naukowe (Koordynator - Austrian Excellence Center for Tribology **AC²T**; Estonia – Tallinn University of Technology (**TalTech**); Polska - Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu **ITeE**) oraz partner przemysłowy (austriacka firma **Castolin GmbH**).

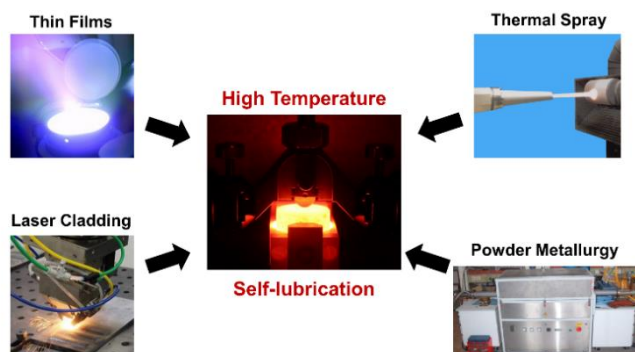
Utylitarnym celem projektu będzie **znalezienie alternatywy** dla klasycznych materiałów i powłok wysokotemperaturowych poprzez rozwinięcie i zbadanie nowych rozwiązań w zakresie **materiału podłoża, powłoki oraz dobraneo do takiego systemu stałego środka smarnego**. Prace badawcze obejmą:

- opracowanie technologii i wykonanie **spiekania ceramicznych** próbek o podwyższonej twardości, odporności na kruche pękanie oraz wysokiej stabilności wysokotemperaturowej jako podłoża do nakładania powłok,
- wytworzenie samo-smarujących powłok metodami LC (napawanie laserowe) i PVD (metoda fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej w próżni) z **kontrolowanymi właściwościami utleniania/korozji** w wysoko temperaturowych procesach tribologicznych,
- wyznaczanie **charakterystyk tribologicznych** oraz **opisanie procesów** zachodzących pomiędzy wytworzonymi powłokami oraz stałymi środkami smarowymi, w **wysokoobciążonych węzłach tarcia** pracujących w ekstremalnych temperaturach.

Rozwiązanie podjętego tematu wymaga interdyscyplinarnego podejścia obejmującego inżynierię materiałową, inżynierię powierzchni, fizykę, chemię, a przede wszystkim tribologię.

Występujące **synergiczne i antagonistyczne relacje** pomiędzy efektem **wysokiej temperatury a zużyciem materiałowym** w przypadku materiałów samosmarujących nie są znane i opisane. Innowacyjnym rezultatem projektu HOTselflub będzie rozwój samosmarujących systemów poprzez modelowanie zaawansowanych materiałów / wielofunkcyjnych systemów powłok / stałych środków smarowych, w taki sposób aby nie tylko zapewnić ich **odporność na wysokie temperatury pracy**, lecz przede wszystkich **uzyskać efekt samo-smarowania**, przejawiający się ekstremalnie niskim współczynnikiem tarcia.

W projekcie zostaną wykorzystane najnowsze dostępne w świecie technologie materiałowe, będące w dyspozycji partnerów konsorcjum, m.in.: metalurgia proszków, przyrastanie addytywne (AM), selektywne spiekanie laserowe (SLS), napawanie laserowe (LC) oraz fizyczne osadzanie z fazy gazowej (PVD). Opracowane samo-smarujące systemy (obejmujące nowe materiały oraz powłoki) zostaną poddane



wysokotemperaturowym testom tribologicznym, celem zbadania oddziaływań synergistycznych nowo opracowanych materiałów oraz powłok z innowacyjnymi stałymi środkami smarowymi. Zostaną wykonane badania tribologiczne mające na celu porównanie opracowanych rozwiązań z obecnie stosowanymi w praktyce przemysłowej.

Zaproponowane w projekcie rozwiązania, będą miały nie tylko walory naukowe, lecz także użyteczne. Efektem końcowym projektu będzie propozycja **samo smarującego wysokotemperaturowego systemu materiałowego** obejmującego materiał bazowy, dedykowany do pokrycia samo-smarującymi powłokami LC i PVD, przystosowanymi są do współpracy ze stałymi środkami smarowymi. Prototypy opracowanych systemów zostaną wyprodukowane i zweryfikowane w warunkach przemysłowych.

Opracowane rozwiązania przyczynią się do poprawy niezawodności i obniżenia energochłonności procesów produkcyjnych we wielu branżach technicznych, zwłaszcza w sektorze motoryzacyjnym i lotniczym.

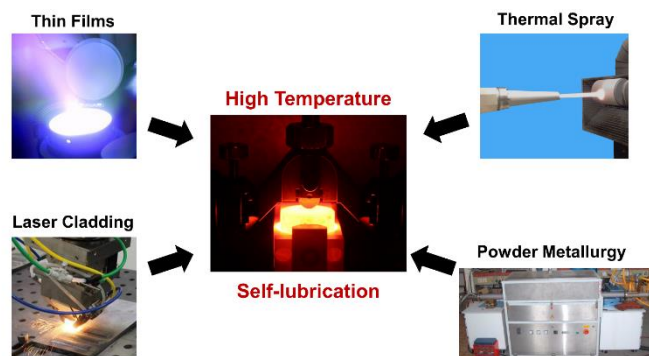
SELF-LUBRICATING SYSTEMS FOR HIGH TEMPERATURE

TRIBO-APPLICATIONS

HOTselflub

Two main constituents of **tribology** is friction and wear, the control and reduction of both parameters is critical to proper functionality of machine elements. A vast amount of mechanical components run under **high operating temperatures (HOT)** with **uncontrolled friction** conditions, resulting in high energy consumption and high wear, which can lead to catastrophic failures. Tribological systems working up to 1000°C have received a great deal of attention because the processes, which are neglected at room temperatures (oxidation, softening and creep), play a dominant role at elevated temperatures, and their **synergies and antagonisms with wear** is highly complex.

Consequently, the intended innovative **results of the HOTselflub project** is a knowledge-based evaluation of temperature ranges where standard materials and coatings severely suffer from significant wear and overheating, as well as development, characterisation and modelling of advanced material/multifunctional coating/solid lubricant **systems to withstand high operation temperatures**. In order to achieve the targeted results the international consortium of scientific and industrial partners was merged and it consist of Austrian Excellence Center for Tribology (**AC²T** research GmbH) – coordinator of the HOTselflub project, Estonian scientific partner - Tallinn University of Technology (**TalTech**), Polish scientific partner - Institute for Sustainable Technologies – National Research Institute (**ITeE**) and industrial Austrian representative - Castolin GmbH (**Castolin**). The **technology concepts** of the consortium partners are emphasized on sintering of materials via advanced powder metallurgy (PM) route and additive manufacturing (AM) technique through a selective laser sintering (SLS); as well as laser cladding coatings via direct diode laser; and solid lubricants interaction with Plasma Vapour Deposition (PVD) coatings. The improved process technology concept of the consortium provides a system-based approach, where specific innovation objectives are the development of HOT self-lubricating (self-lub) multifunctional tribological system.



The **strategic goal** of the proposal is to provide the frame opening the door for a wide application of self-lub systems as an **efficient alternative to traditionally used compounds** in an automotive industry. This strategic target is motivated by the limitations that currently exist in the field of self-lub components with respect to both available materials sets and technologies.

Therefore, the **innovative objectives** are:

- fabrication of **ceramic-based bulks** and coatings substrates of high hardness, acceptable fracture toughness and excellent stability at HOT wear conditions;
- development of innovative lubrication approach to **PVD coatings and laser claddings** of controllable oxidation/corrosion properties for HOT tribo-applications;
- evaluation of the **interaction mechanism** of PVD coatings and laser claddings **with solid lubricants** in various HOT tribological contact conditions reproducing those found in industry.

The project taken on a **holistic approach includes** complete solutions: from the concept of the phase composition of novel materials systems to the innovative sintered composites deposited by self-lub coatings. The prototypes will be manufactured and tested in operating conditions that are close to industrially used ones (tribo-conditions at HOT with limited use or complete elimination of any lubricants).

The **expected results** of the HOTselflub project, which will be crucial for boosting the productivity of manufacturing industry, are:

- Development of self-lub materials and surfaces with the goal of controlling and reducing friction by 50% while maintaining wear, oxidation and corrosion resistance at HOT.
- Exploitation and validation of the self-lub systems and their synergy with solid lubricants for enabling the use of environmentally acceptable compounds of increasing reliability.

The work will beneficially contribute to improving the **reliability of manufacturing processes** in a wide variety of industries such as automotive and aerospace, lower the energy consumption and reduce waste of raw materials. Both are major contributions to the long-term sustainability of the developed societies while simultaneously strengthening the competitiveness of European industry. The main impact of the project is expected at the levels of technology development and production of the value chain.