



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Závěrečná zpráva ze stáže na Hof University of Applied Sciences

Ing. Martin Borůvka



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Operační program
Vzdělávání pro konkurenceschopnost

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří se podíleli na realizaci mé o stáže na univerzitě v Hofu. Zejména realizační týmům z Technické univerzity v Liberci a Západočeské univerzity v Plzni. Mimořádný dík pak patří Prof. Dr. Herbertu Reichelovi za jeho vstřícnost, navození přátelské atmosféry a odborný přístup. Další díky směřuje ke kolegům Rolandu Krausovi, M.Sc. a Robertu Greulichovi, B. Eng. se kterými jsem v průběhu stáže spolupracoval na řešení jednotlivých projektů a trávil s nimi volný čas. Nakonec bych poděkoval všem těm, které jsem nezmínil a kteří mi jakkoli pomohli v průběhu mé stáže.

Martin Borůvka

Obsah

1	Úvod	4
2	Stážista.....	4
3	TUL a KSP	5
4	Hof	6
5	Hof University of Applied Sciences.....	11
6	Přednášková činnost: Presentace TUL a disertační práce	13
7	Zapojení do výzkumu: projekt P-TID	28
8	Zapojení do výzkumu: projekt snižování energetické náročnosti vytlačovacího procesu	34
9	Závěr	37

1 Úvod

Já Martin Borůvka jsem se zúčastnil stáže na Hof University of Applied Sciences (Freistaat Bayern, Bundesrepublik Deutschland) v rámci projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0139 „Budování excelentního vědeckého týmu pro experimentální a numerické modelování v mechanice tekutin a termodynamice“. Jedná se o projekt OP VK, jehož příjemcem je Západočeská univerzita v Plzni a spolupříjemce je Technická univerzita v Liberci. Cílem projektu je vytvoření excelentního vědeckého týmu, tvořeného členy z ČR a zahraničí, který by měl být zaměřen na experimentální a numerické modelování v mechanice tekutin a termodynamice. Pro realizaci se předpokládají výměnné vědecké stáže akademických pracovníků a doktorandů z ČR s cílem zapojení do mezinárodních vědeckých sítí a projektů, kdy se čerpá z dlouholetých zahraničních vazeb členů realizačního týmu.

Tato zpráva podává informace o průběhu stáže a je určena pro potřeby projektu. V jednotlivých kapitolách poskytnout informace o stážistovi, zahraničním a domácím pracovišti, době trvání stáže, náplni a popisu aktivit v průběhu stáže.

2 Stážista

Stážistou byl doktorand Ing. Martin Borůvka, který v současné době studuje doktorský studijní program Strojní inženýrství na Fakultě strojní Technické univerzity v Liberci. Jeho studijním oborem je Strojírenská technologie, konkrétně zaměření na Tváření plastů. Tento studijní obor je garantován Katedrou strojírenské technologie na Fakultě strojní Technické univerzity v Liberci. Školitelem doktoranda je prof. Dr. Ing. Petr LENFELD. Stážista se v rámci svého studia na FS TUL zabývá výzkumem kompozitních materiálů na bázi nano-celulózy a biopolymerů.

Stáž proběhla v období červen - červenec 2015 v celkové délce jednoho a půl měsíce na Hof University of Applied Sciences, Alfons-Goppel-Platz-1, 95028 Hof, Germany. Předpokládanou náplní stáže bylo účast na projektu či projektech vedených prof. Reichlem.

3 TUL a KSP



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
www.tul.cz



Technická univerzita v Liberci vznikla z původní Vysoké školy strojní; v letošním akademickém roce slaví 62 let od svého založení. Vedle původních fakult strojní a textilní přibýly v letech 1990 až 1995 další čtyři fakulty - pedagogická, hospodářská, architektury a mechatroniky a od roku 2006 působí v Liberci také Ústav zdravotnických studií, který by se měl časem přeměnit na sedmou fakultu. V roce 2009 vznikl ještě Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace. V Liberci studuje zhruba 10 tisíc studentů, pět procent tvoří cizinci.

Koncem šedesátých let minulého století vzniká tehdy ještě na VŠST v Liberci (dnes TU v Liberci), která svoji činnost zahájila dne 1. října 1953, nové odborné zaměření tváření kovů a plastických hmot a to na Katedře materiálu a tváření Fakulty strojní, v rámci vědního oboru Strojírenská technologie. Podnětem vzniku tohoto zaměření byla především potřeba průmyslu, zejména automobilového a spotřebního strojírenství. Požadavky vznikaly v návaznosti na celosvětový trend ve využívání nových konstrukčních materiálů s lepšími užitnými a zpracovatelskými vlastnostmi při navrhování strojírenských výrobků. Mezi vědeckovýzkumné zaměření katedry v tomto období patřila racionalizace výroby velkorozměrných výlisků z plechů, reologické chování tavenin termoplastů při vstřikování a jeho vliv na vlastnosti výstřiků, výzkum kinetiky austenitizace nástrojových ocelí. Vzhledem k dlouhodobým kvalifikačním a organizačním záměrům na Fakultě strojní došlo k 1. březnu 2000 rozhodnutím Akademického senátu Fakulty strojní a příkazem děkana, ke sloučení Katedry tváření

a plastů s Katedrou strojírenské metalurgie za vzniku nové Katedry strojírenské technologie (KSP).

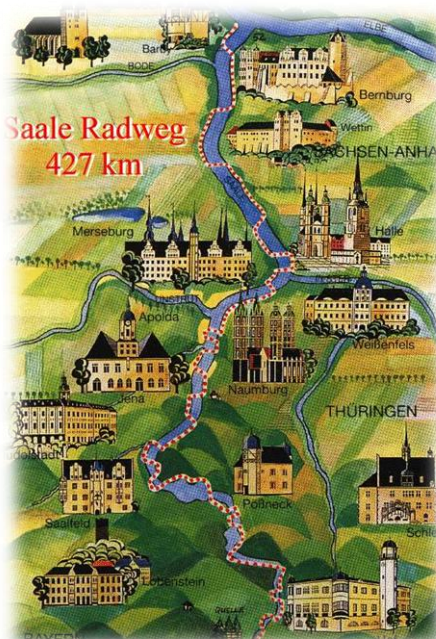
4 Hof



Místní říkají "Hof - in Bayern ganz oben" velmi rádi a často o svém městě. Tento slogan doslova přeložen znamená „Hof - v Bavorsku úplně nahoře!“. Jeho význam je velmi mnohoznačný. Ať už hledáte Hof na mapě, nebo si zjistíte jeho nadmořskou výšku, ale i v přeneseném slova smyslu – vždy dojdete ke stejnému výsledku: budete v Bavorsku úplně nahoře. Při první návštěvě se nenechte uvést do rozpaků fasádami starých domů: ty jsou jen starodávnou romantickou kulisou pro moderní kulturní město. Koná se zde mnoho sportovních událostí, komfortně se zde nakupuje a příjemné chvíle lze strávit při objevování místních kulinářských specialit v útulných hospůdkách, restauracích a jiných gastronomických zařízeních. Vizitkou města jsou Mezinárodní hofské filmové dny, stálá divadelní scéna a symfonický orchestr (Hofer Symphoniker). Uznání v zahraničí přinesl Hofu rovněž nádherný romantický park Theresienstein – jeden z nejkrásnějších městských parků v Německu.



Rušná pěší zóna s množstvím značkových obchodů a butiků v centru města je od parku vzdálená jen pár kroků a láká návštěvníky k nákupům a kulinářským požitkům. Udajně zde můžete ochutnat také nejlepší a nejznámější druhy uzenin, ale to mě jako býložravce nikterak nelakalo. Zde, uprostřed města, potkáte také muže, kteří jsou známi pod jménem „Hofer Wärschtlamo“ a které najdete opravdu jen v Hofu. Tito bodří pouliční prodavači horkých párků patří neodmyslitelně k místní atmosféře. Návštěva u hofského Wärschtlamo patří údajně k jedinečným zážitkům každého návštěvníka města.



Na jižní straně Hofu leží lákadlo pro všechny milovníky přírody a vodních sportů: blankytně modré jezero Untreusee. Zde můžete také navštívit labyrint a nebo ukázat svoji odolnost a sílu v unikátním lanovém parku. A po sportovní námaze se odměníte v nádherném prostředí místní restaurace s terasou přímo na břehu jezera.



Malou zájžd'ku k Untreusee dělají rádi i cyklisté, kteří absolvují cyklostezku podél řeky Saale (Saale-Radwanderweg). Mnoho z nich si vybere Hof jako jednu ze zastávek, kde přenocují a odkud pak na druhý den pohodlně dojedou až k pramenu řeky Saale. Část této trasy jsem absolvoval i já se svým garantem pobytu Prof. Dr. Herbertem Reichelem. Tímto bych mu rád poděkoval, že mi laskavě zapůjčil jeho druhé kolo a ponechal mi ho k užívání i po zbytek mého pobytu v Hofu.





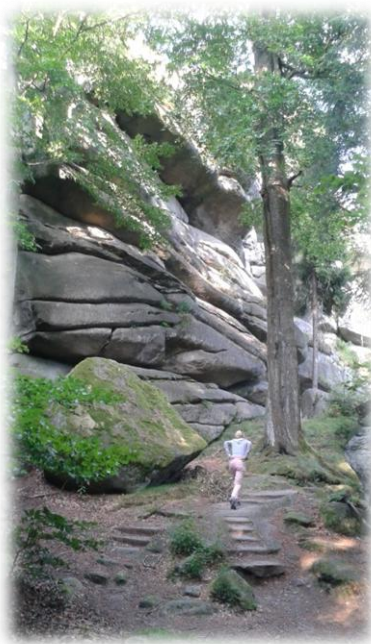
Ačkoli jsem v Hofu svoji stáž strávil v průběhu léta, údajně zde má svůj půvab každé roční období. Díky vyšší nadmořské výšce je okolí Hofu v zimě ideální pro běžkaře, udržuje se zde několik tratí a je zde spousta ski-klubů, které se o tratě starají.

Další zajímavou destinací v okolí Hofu, kterou jsem navštívil je kopec Waldstein (Großer Waldstein) v jižní části Smrčín. Kopec je nedaleko města Weissenstadt a lze tam dojet po asi 35 km z Aše nebo Chebu. Z Hofu je to samozřejmě mnohem blíže. Lze zde absolvovat krásné a nenáročné procházky po stezkách mezi skalami. Nádherný je výhled z pozorovatelny na nejvyšším vrcholu kopce ve výšce 877 m.n.m.





Krásné skály a nádherná vyhlídka je zejména na oblast Smrčín s vrchy Schneeberg a Ochsenkopf. Na Waldsteinu je také zřícenina hradu Rotes Schloss. Rotes Schloss (Červený Hrádek) byl starý obranný hrad, součástí hradu byla i pozdně románská kaple, z níž zbyla pouze čelní zeď. Pod vrcholem je výletní restaurace s možností občerstvení a ubytování.



5 Hof University of Applied Sciences



Založena v roce 1994, univerzita tvoří velmi atraktivní studijní prostředí s moderní architekturou, učebnami, laboratořemi a studentským ubytováním. Univerzita se nachází v severní bavorsku a je obklopena nádhernou krajinou. Výuka je orientovaná na praxi, internacionalizaci a účinné využívání zdrojů. To je centrum výuky a výzkumu na univerzitě, která v současné době nabízí 29 bakalářských a magisterských studijních programů v oblasti obchodu, počítačového a strojního inženýrství. Součástí univerzity jsou i dva výzkumné ústavy, které se soustředí na informační technologie a materiálové vědy. Přidružen je i bavorsko-indický institut pro obchod a spolupráci mezi Bavorskem a Indií.



Detašovaný pracovištěm je kampus v Münchbergu, který nabízí jedinečné vzdělání zaměřené na ekonomiku, textilní inženýrství a design. Jak už bylo řečeno, výuka je zaměřena především na praxi a okolní průmysl, k tomu je uzpůsobeno i vybavení laboratoří na rozloze více než 10.000 m². Cílem je zejména prohloubit porozumění teoretických konceptů a připravit absolventy na budoucí zaměstnání. Uvedené výzkumné ústavy jsou financovány z veřejných i soukromých výzkumných projektů.

Já jsem byl zapojen zejména do aktivit na Engineering Department oddělení a většinu času jsem trávil v tamních laboratořích Plastic Engineering I a II.



6 Přednášková činnost: Prezentace TUL a disertační práce

Podmínkou mojí stáže byla žádost prof. Reichela a uskutečnění série přednášek. První přednáška se týkala představení Technické Univerzity v Liberci (TUL) studentům tamního bakalářského programu Maschinenbau International. Jedná se o nový studijní obor rozšiřující stávající kurz strojního inženýrství o mezinárodní prvky. Důraz je zde kladen na dostatečné jazykové znalosti a osobní zkušenosti ze zahraničí. Některé moduly jsou tak vyučovány v angličtině, studenti musí absolvovat jeden semestr na zahraniční univerzitě (momentálně v nabídce: Finsko, Indie, Malajsie a Česká Republika) a jeden semestr v zahraniční firmě. Kromě toho je kurz uzpůsoben, aby podporoval týmovou práci a přispíval k osobnímu rozvoji.

Cílovou destinací pro německé studenty v ČR je právě TUL. Součástí zahraniční stáže není jen studium, ale i poznávání cizích kultur a zvyklostí. Prezentaci jsem se proto snažil připravit tak, aby byla pro studenty zajímavá nejen po informativní a odborné stránce, ale i s ohledem na své bohaté studentské zkušenosti z harcovských kolejí. Na následujících řádcích tak přikládám zmenšenou verzi prezentace:

Liberec

- Liberec is a city located on the north part of Czech Republic.
- It is surrounded by Jizera Mountains and Ještěd Ridge with a splendid view from the top of the famous Ještěd tower (1012 m - 3 320 ft.).
- The district has a predominantly industrial nature (traditional textile and glass industry, production and processing of plastics, engineering and processing industries are primarily developed with close ties to the production of cars).



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Liberec

- First settlement: 1348
- Population: 100 000
- Elevation: 380 meters above sea level
- The rich cultural and historical tradition of the city is reflected not only in the large amount of historic buildings and monuments, but also in the cultural facilities (Museums, Galleries, Regional and Research Library, Theatres, Science center, Zoo and Botanical Garden,...)



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Czech Republic

Technical University of Liberec

Faculty of Mechanical Engineering



Martin Boruvka, M.Sc.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



How do I get there?



hochschule
 hof
 University of Applied Sciences

TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
 www.tul.cz

Transportation:

 6h Hof Hbf -> Dresden Hbf -> Liberec

 3h 10m 122 km Hof -> Chemnitz -> Dresden -> Bautzen -> Liberec

 56h (271 km)



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Technical University of Liberec

- Medium-size university with 6 Faculties and 2 Specialist Institutes.
- Bachelor, Master and Ph.D. study courses.
- Over 8 000 students (over 500 international).
- Excellent ranking in Czech Republic 2014/15 (Based on the Czech ranking of HN newspaper):
Faculty of Mechanical Engineering – Faculty No. 1
Faculty of Mechatronics – Faculty No. 3

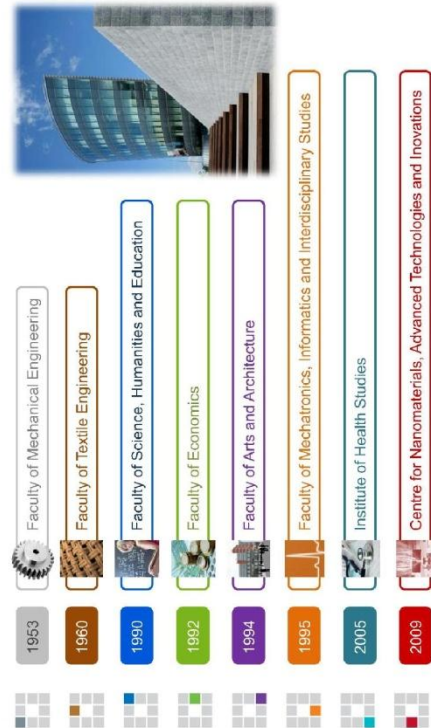


TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Technical University of Liberec



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Liberec

- Liberec district offers outstanding natural and cultural conditions for tourism.
- The terrain of the surrounding countryside is suitable for both summer and winter sports and activities.
- In the winter you can mostly enjoy cross-country ski tracks or the downhill slopes of Jested.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Liberec

- While in summer you can run, walk or cycle along the forest trails (in both the mountains as well as low-lying areas).
- There is even more activities like Parachuting, Mountain climbing, Bathing, Urban tourism and Heritage sight-seeing.
- Even passive sportsmen are catered for: Liberec has top-flight teams in football, ice hockey and volleyball.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics

Utilization of alternative fuels and gaseous fuel engine development.

Optimization of the combustion processes and mixture formation.

Reduction of emissions.

Hydrostatic power transmission devices for transport and manipulation machinery (motor vehicles, wheeled loaders, forklifts).

Strength and tension analysis of components and subsystems of engines and vehicles

New engine and vehicle concepts.

Technical diagnostics.



Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics

Innovative structures of textile and single-purpose machinery with the use of controlled drives.

Innovation and optimization of textile machines to obtain high levels of competitiveness, reliability and operation efficiency of machines in development.

Winding and unwinding processes of textile structures. Research into machine dynamics, analysis and optimization of highly stressed mechanical components of machines.

Research, development and optimization of new structures, equipment's and production lines for nanofibres production.



Faculty of Mechanical Engineering



Study Programs

Bachelor's degree: **3 years**
Mechanical Engineering

Master's degree: **5 years**
Applied Mechanics

Follow up Master's degree: **2 years**
Mechanical Engineering
- Machines and Equipment Design
- Engineering Technology and Materials
- Manufacturing Systems and Processes
- Innovation Engineering

Doctoral (PhD) degree: **4 years**
Mechanical Engineering
- Applied Mechanics
- Manufacturing Systems and Processes
- Materials Engineering
Machines and Equipment
- Machines and Equipment Design
Engineering Technology
- Engineering Technology



Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics

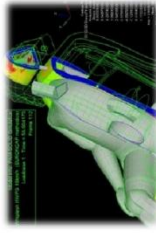
Innovation of machinery, and its parts.

Human-machine interaction.

Vibration and vibroisolation of machines.

Research into the seating comfort of car seats.

Research into and development of passive safety features of cars.
Research and development of machinery, drives and magnetic couplings.



www.tul.cz

Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics and automatization.

Analysis and synthesis of control systems with digital controllers and developing control software using modern programming equipment.

Optimized development in the area of identification, simulation and modelling of dynamic systems.

Information technology research focused on the development of applications, desktop applications and the basics of artificial intelligence.

Research in the field of user identification firing weapons.

Development of new pneumatic systems.

Optimization methodology for managing pneumatic systems.



www.tul.cz

Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics

Design of machines and devices for the glass industry.
Numerical simulation of glass melt forming processes (pressing, press-and-blow processes) and the subsequent handling of products.

Optimisation of the glass forming process, design and cooling of forming tools.

Interpretation of data obtained during experiments and from industrial practice, using statistical tools and fractal geometry.

Robotised handling with non-contact on-line detection of the location of objects handled.

Cleaning and service robots.

Research and development of effectors for special applications.



www.tul.cz

Fields of Scientific Research

Construction:

- Vehicles and engines
- Textile and single purpose machines
- Glass-making machines and robotics systems
- Power-supply devices
- Innovation of machines and devices
- Applied cybernetics

Development enthalpy heat exchangers.

Development of new heat exchangers and heat transfer surfaces optimization.

Research on humidity transfer of membranes.

Piezoceramic pulse generators "synthetic jet".

Investigation into Solar systems.



www.tul.cz

Fields of Scientific Research

Materials:

- Intermetallic alloys
- Polymers and composites
- Technical ceramics
- Heat treatment
- Nano-materials
- Surface treatment and thin layers
- Bionics and bioengineering
- Non-destructive testing

Research and development on alumide alloys for high temperature applications.

Research methods of non-destructive measurements of the properties and structures of structural materials based on magnetic and ultrasonic methods.

Microscopic analysis of the materials (SEM, AFM,...).

Development of materials for high strength geopolymer structures.

Chemical analysis of materials.

Surface treatment and thin layers.

Development of nano additives for process fluids.



Fields of Scientific Research

Technologies:

- Plastics and composites processing
- Metal forming and tribology
- Casting
- Welding
- Machining
- Rapid prototyping

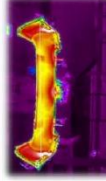
Simulation, monitoring and optimization of plastic processing technological processes, their blends and composites with regard to thermal and pressure processes, plastics melts rheology, material structure and parts utility properties

Research of utility properties and application possibilities of synthetic and biopolymer composites based on natural additives, micro and nanofillers.

Hybrid composites – mineral additives, glass, textile and natural fibers, 2K injection, MuCell technology, MIM, PIM and CIM technologies.

Applied research of new generation of protective mask with nanofillers to improve protection of men from design, technological and material point of view.

Research and application possibilities of lightweight polymer composites.



Fields of Scientific Research

Mechanics:

- Flexible body mechanics
- Rigid body mechanics
- Applied mechanics
- Fluid mechanics

Kinematics and dynamics of mechanical systems.

Research into vibroisolation of mechanical systems.

The mechanical properties of nonlinear anisotropic materials and their mathematical modelling.

Development of robotized chassis for autonomous mobile robots.

Biomechanics.

The mechanics of vibrating systems.

The construction of controlled dynamical systems.



Fields of Scientific Research

Mechanics:

- Flexible body mechanics
- Rigid body mechanics
- Applied mechanics
- Fluid mechanics

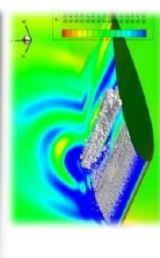
Research on external and internal body aerodynamics, Experimental thermoacoustic engines.

Fluid flow analysis.

Research into cavitation processes – dynamics of laser induced cavitation bubble close to solid wall.

Unsteady turbulent processes, convection, turbulence models.

Subsonic and supersonic ejectors.



Fields of Scientific Research

Technologies:

- **Plastics and composites processing**
- **Metal forming and tribology**
- **Casting**
- **Welding**
- **Machining**
- **Rapid prototyping**

Analysis of welded joints quality, practices of welding and soldering.

Research in area of GMAW and resistance welding.
Temperature-stress analysis by using of unique system GLEEBLE.

Analysis of welded joint defects sources, optimization of welding parameters, process stability.

Welding of cast irons, iron aluminides.

Evaluation of welded joints micro- and macro-structure.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Fields of Scientific Research

Technologies:

- **Plastics and composites processing**
- **Metal forming and tribology**
- **Casting**
- **Welding**
- **Machining**
- **Rapid prototyping**

Theoretical aspects of the machining process.

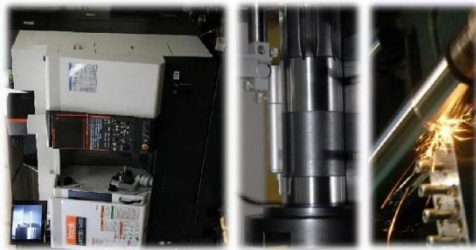
Monitoring the cutting process when using a tool with defined geometry of the edge.

Monitoring the cutting process when using a tool with undefined geometry of the edge.

Research into the methods of cutting process monitoring by acoustic emission.

Research into intelligent cutting tools.

Simulation of the grinding process.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Fields of Scientific Research

Technologies:

- **Plastics and composites processing**
- **Metal forming and tribology**
- **Casting**
- **Welding**
- **Machining**
- **Rapid prototyping**

Research of mechanical and technological properties of sheets and materials for automobile bodies design.

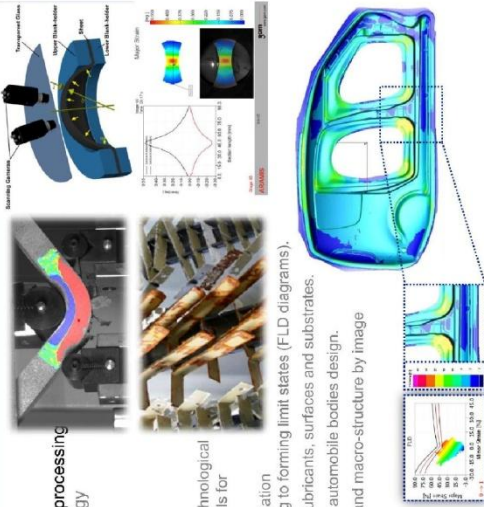
Evaluation of formability, appreciation of processing methods according to forming limit states (FLD diagrams).

Tribological tests, evaluation of lubricants, surfaces and substrates.

Evaluation of adhesives used at automobile bodies design.

Evaluation of stampings micro- and macro-structure by image analysis.

Complex deformation analysis by contact-less optical device ARAMIS 2M HS.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Fields of Scientific Research

Technologies:

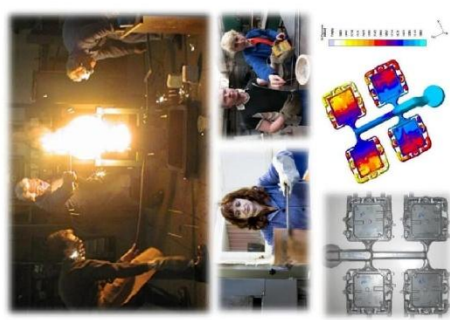
- **Plastics and composites processing**
- **Metal forming and tribology**
- **Casting**
- **Welding**
- **Machining**
- **Rapid prototyping**

Metallurgical processes at production cast irons GCI, SCI and aluminium alloys

Research of moulds and solidifying castings thermal mode
Measurement of cast alloys dilatation at their solidification and cooling.

Measurement of sand and core mixture gassiness.
Qualitative and quantitative metallographic analysis of castings.

Spectrometry analysis.



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
www.tul.cz

www.tul.cz



Night life

- Parties, DJ events, Band gigs, Discos,...
- 0,5 l of Tap Beer 1 EUR



Sports at dormitories

- Floorball, Basketball, Volleyball, Futsal and Football leagues, Tennis, Badminton, Gym, Climbing wall, Mini-snowpark, Slack-line and Longboard competitions,...



Fields of Scientific Research

Technologies:

- Plastics and composites processing
 - Metal forming and tribology
 - Casting
 - Welding
 - Machining
 - Rapid prototyping
- Rapid Prototyping: Dimension SST 768 and Prodigy by Stratasys (FDM technology, ABS material).
3D printing: PolyJetMatrix (Objet500 Connex).
Vacuum casting into silicon moulds and producing parts from materials according to specifically the required properties.
Research in the field of 3D object digitalisation (Atos II 3D digitizer).
Reverse Engineering.
Generative laser melting equipment SLM280HL for rapid production of complex shaped parts by Selective Laser Melting Technology.



Student dormitories

- The area is made up of 6 blocks (completely renewed in 2009), a canteen, conference facilities, sports centers, 8 student bars and pubs (including two disco clubs)
- It took approx. 10-15 min to walk to TUL campus.
- Price: approx. 3.5 EUR/day

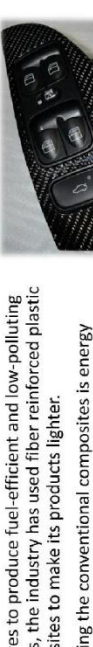




Po prezentaci následovala diskuze se studenty. Z kladených otázek i reakcí byl zřejmý zájem o libereckou destinaci. Největší obavu měli studenti z jazykové bariéry, tuto domněnku se mi podařilo v diskuzi úspěšně nabourat. Nejvíce úsměvů při prezentaci vykouzlila zmínka o bohatém nočním životě na harcovských kolejích a ceně místních piv. Otázky směřovali samozřejmě i na výzkumné aktivity na TUL i jejich rozsah, transfer kreditů a jednotlivé předměty, které si lze na TUL zapsat. O zájmu ze strany studentů svědčí i fakt, že mě později po prezentaci v průběhu stáže kontaktovali 4 studenti a zajímali se o další informace ohledně TUL a Liberce.

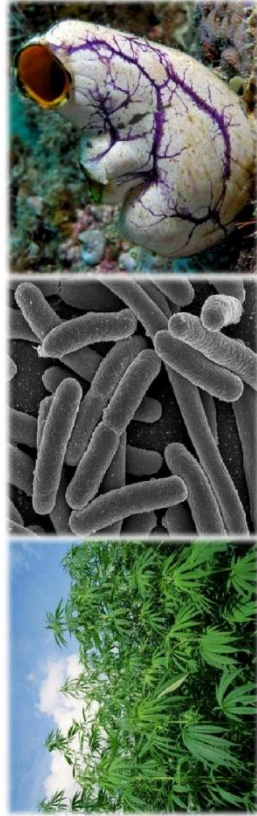
Druhá část cyklu mých prezentací se uskutečnila na tradičním setkání vědecké rady a výzkumníků Hof university a pojednávala o méj disertační práci. Cílem bylo přiblížit tamním výzkumným pracovníkům zaměření mé práce a možnosti budoucí spolupráce mezi oběma institucemi. Opět přikládám zmenšenou verzi přednášky:

Conventional Composites

- Automotive industry is in the driving seat of composites because it is here that the need is greatest.
 - Pressures to produce fuel-efficient and low-polluting vehicles, the industry has used fiber reinforced plastic composites to make its products lighter.
 - Producing the conventional composites is energy intensive and polluting.
 - Durability of conventional composites (glass, carbon, and aramid fiber reinforced), often seen as an advantage, is also their Achilles' heel.
 - It is difficult to recycle them and hard to dispose of, they do not degrade naturally and could linger for generations.
 - To meet European Union directive about end-of-life of vehicles (ELV), which requires that 95% of all new vehicles should be recyclable by 2015.
 - There is strong need to find new and more suitable solutions.
- 
- The image block contains three photographs. The top photo shows a close-up of a car seat with a black, woven carbon fiber texture. The middle photo shows a cross-section of a white composite material with a dense network of black fibers embedded within. The bottom photo shows a yellow, textured composite material with a single metal bolt passing through it.



Green-Nano-Cellulose-Composites



Next step?

- Natural fibers are made from plant, animal and mineral sources.
- Much less energy is used in growing, harvesting, and preparing natural fibers (4 GJ/t) than in producing glass fiber (30 GJ/t).
- Plant fibers according to their origin could be divided onto:
 - Seed fiber (cotton, kapok)
 - Leaf fiber (sisal, banana, pineapple)
 - Bast fiber (flax, ramie, hemp)
 - Fruit fiber (coir)
 - Stalk fiber (grass, wheat, rice, bamboo)

	Natural fibres	Glass fibres
Density	Low	Low
Cost	Low	Low but higher than NF
Recyclability	Yes	No
Energy consumption	Low	High
Distribution	Wide	Wide
CO ₂ neutral	Yes	Yes
Absorption to time-lutes	No	No
Health risk when inhaled	No	Yes
Decomposed	Biodegradable	Biodegradable



Conventional polymers & Environmental issues



Matrix: Poly(lactic acid) (PLA)

- Major drawback in industrial applications such as injection molding is slow crystallization.
- That results in longer molding cycles compared with conventional polymers such as polypropylene (PP).
- Although it can be injected into molds at room temperature to have similar molding cycles to PP.
- This process result in amorphous material possessing low storage modulus at high temperature even after reinforcing.
- To improve the thermo-mechanical properties at high temperature, PLA needs to be crystallized.
- Accelerating the crystallization speed of PLA to obtain high crystallinity in a short time could be initiated by heterogeneous nucleating agents.
- Nucleating agents will lower the surface free energy barrier towards nucleation and thus initiate crystallization at a higher temperature upon cooling.



Sustainable development

"Green" composites

Based on renewable & biodegradable constituents

Biopolymer (matrix)

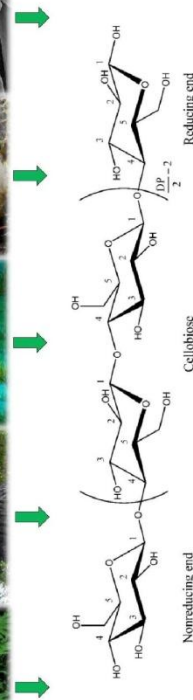
Poly(lactic acid) (PLA)

Nano-fiber (Reinforcement)

Cellulose (10^{-9})



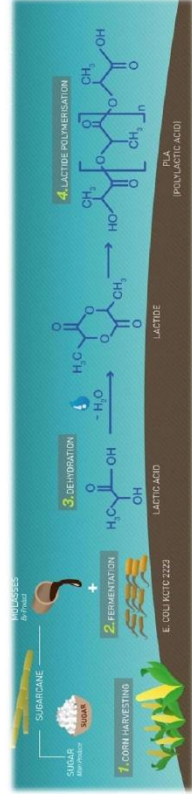
Reinforcement: Cellulose sources



Chemical structure of cellulose

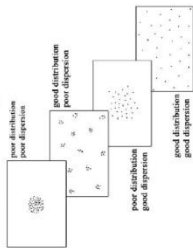
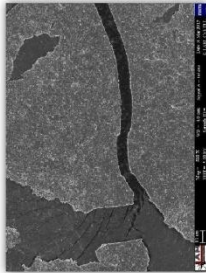
Matrix: Poly(lactic acid) (PLA)

- PLA is a synthetic biodegradable polyester.
- Produced with human intervention from naturally occurring bioresources (corn, sugarcane and other biomass).
- Great potential to replace petroleum-based polymers: high modulus (3 GPa) and strength (50 – 70 MPa), thermo-plasticity, biocompatibility and easy processing.

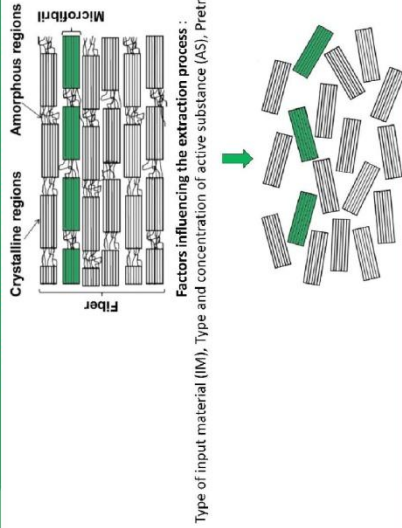


Nano composite processing

- Cellulose nanoparticles are hydrophilic from its natural essence (-OH).
- Combination of non-polar hydrophobic polymer matrix and polar hydrophilic fibers creates poor interface with low adhesion of both components (poor wettability).
- Reactive -OH groups have strong tendency for self-association during processing .
- Aggregation during composite processing (This phenomenon is magnified when the specific surface area increases and the size of the particle decreases).
- Loss of the nanoscale limit the potential of mechanical reinforcement.
- Recommended processing temperature below 230°C (to maintain original weight of CNC's)

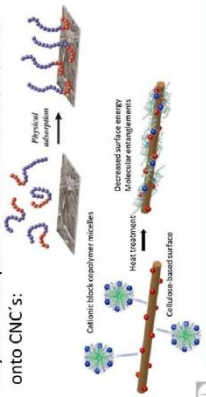


Chemical extraction of CNC's



Surface functionalization of CNC's

- Surface chemical modifications:
 - (=>) substitution of hydroxyl groups with small molecules.
 - (=>) polymer grafting based on the 'grafting onto' strategy with different coupling agents
 - (=>) polymer grafting based on the 'grafting from' approach (ROP, ATRP,...)
- Physical adsorption of tailor-made copolymers onto CNC's:



CNCs properties

- Tensile strength: 7,5 – 7,7 GPa (Carbon fibre 1,5 -5,5 GPa)
- Axial Young's modulus : 100 – 160 GPa (Kevlar 60 – 125 GPa)
- Low density : $1,5 \text{ g m}^{-3}$ (E-glass $2,5 \text{ g m}^{-3}$)
- Relatively high aspect ratio (L/d): 15 – 85
- High surface area : $\approx 250 \text{ m}^2/\text{g}$
- Reactive -OH surface (self-assembly, functionalization, ...)
- Low coefficient of thermal expansion (CTE)



Material	Modulus (GPa)	Density (Mg m ⁻³)	Specific modulus (GPa Mg ⁻¹ m ³)
Aluminium	69	2.7	26
Steel	200	7.8	26
Glass	69	2.5	28
Crystalline cellulose	138	1.5	92

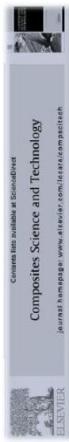
Future objectives

- Identify most economically and ecologically promising source for extraction.
- Explore possibilities of green extraction.
- Nanoparticle identification (TEM, AFM, DLS) and properties (TGA, FTIR, XRD).
- Explore different types of surface functionalization of CNC's.
- Find cheap and industrially scalable process for compounding of CNC's with PLA and further injection molding to maintain good dispersion of nanoparticles.
- Experimental setup for orientation of CNC's under strong magnetic or electric field.
- Evaluation of Mechanical, Thermal, and Morphological properties, Water absorption,...

Extraction of CNC's (H_2SO_4 hydrolysis)



Application possibilities



Optically transparent wood-cellulose nanocomposite as a base substrate for flexible organic light-emitting diode displays

Yoko Okada^{a,*}, Ayako Yoshida^a, Satoshi Miyaguchi^b, Haruaki Yama^a

^aDepartment of Materials Science, Faculty of Engineering, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

^bDepartment of Materials Science, Faculty of Engineering, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

Received 27 September 2009

Received in final form 20 April 2010

Accepted 20 April 2010

Available online 20 April 2010

Keywords:

A. Nanocomposites

B. Flexible substrates

C. Organic light-emitting diodes

D. Displays

ABSTRACT

We have developed a transparent wood-cellulose nanocomposite (W-CNC) as a base substrate for flexible organic light-emitting diode (OLED) displays. The W-CNC was prepared by the partial silylation of cellulose nanocrystals (CNCs) with n-dodecyltrimethoxysilane (n-DTMS) in toluene. The W-CNC was transparent and flexible, and it was used as a base substrate for OLED displays. The W-CNC showed a high transmittance of 90% at 550 nm, and it was flexible enough to be bent into a 180° angle without breaking. The W-CNC was used as a base substrate for OLED displays, and it showed a high transmittance of 90% at 550 nm, and it was flexible enough to be bent into a 180° angle without breaking. The W-CNC was used as a base substrate for OLED displays, and it showed a high transmittance of 90% at 550 nm, and it was flexible enough to be bent into a 180° angle without breaking.



Luminescence of an organic light-emitting diode deposited onto a flexible, low CTE and optically transparent wood-cellulose nanocomposite.

Experimental PLLA/CNC's film casting

- CNC's were additionally functionalized by partial silylation through reaction with n-dodecyltrimethoxysilane in toluene.
- Nanocomposite films of PLLA and CNC or SCNC were prepared by solution casting.
- The effects of surface silylation of cellulose nanocrystals on crystallization behavior and mechanical properties were investigated.
- Addition of only 1 wt.% of SCNC in PLLA resulted in a 27% increase in tensile modulus and a 21% increase in the tensile strength compared to pure PLLA.



	T_m (°C)	ΔH_m (J/g) ^a	ΔH_c (J/g) ^b	X_c (%)
PLLA	171.4	25.8	12.5	14.3
PLLA-CNC-1	171.4	28.2	12.9	16.4
PLLA-CNC-2	171.8	30.0	16.0	15.0
PLLA-SCNC-1	171.8	32.3	4.0	30.4
PLLA-SCNC-2	171.4	29.4	10.1	20.7

	Tensile modulus (GPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
PLLA	1.1 ± 0.01	48.3 ± 2.0	31.1 ± 3.0
PLLA-CNC-1	1.2 ± 0.02	48.3 ± 2.0	31.1 ± 3.0
PLLA-CNC-2	1.2 ± 0.03	48.3 ± 0.4	12.2 ± 0.2
PLLA-SCNC-1	1.4 ± 0.08	56.6 ± 3.1	8.3 ± 0.6
PLLA-SCNC-2	1.4 ± 0.04	53.8 ± 2.1	7.1 ± 1.8

Application possibilities

[illegible]

Application possibilities

[illegible]

Application possibilities

[illegible]

Thank you for your attention!

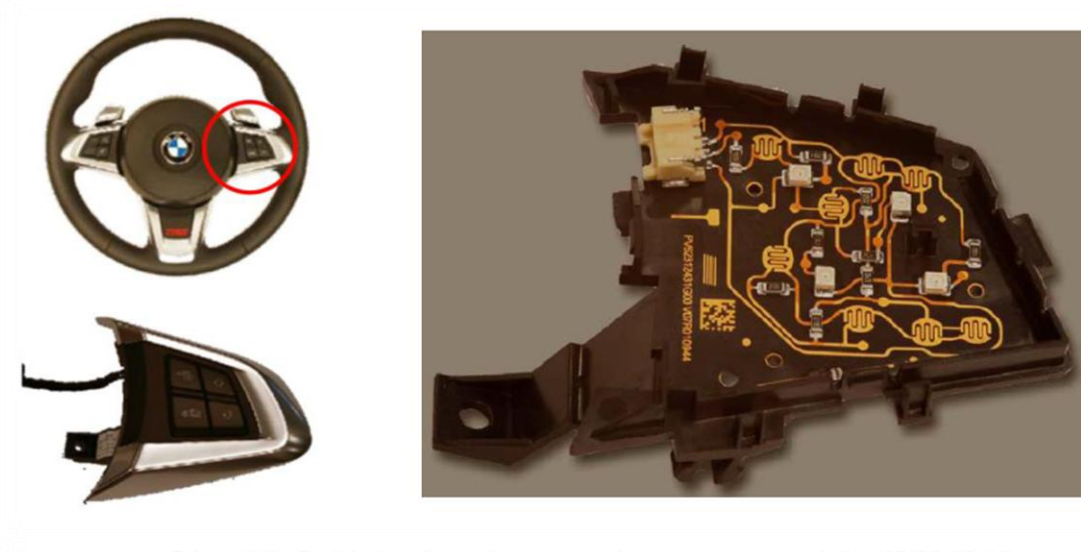
QUESTIONS ?

Contact: martin.boruvka@tul.cz

7 Zapojení do výzkumu: projekt P-TID

Je nutné si uvědomit, že z důvodu snižování nákladů a snahy o odlehčení konstrukce automobilu se neustále zvyšuje procento zastoupení plastů na většině automobilových součástí. Kvůli snižování výrobních nákladů a udržení konkurenceschopnosti firem, jsou pro plasty hledány stále nové aplikace a jsou jimi nahrazovány veškeré dražší materiály, u kterých to konstrukce výrobků dovoluje. Jedním z těchto způsobů je i využití průběžného vývoje technologie a jeho uplatňování ve výrobě.

K propojení elektrických součástí v automobilu se dnes využívá několik možností, přičemž nejběžnější z nich jsou kabelové svazky, STG-vodiče (Stanzgitter/Lead Frame) a plošné spoje (PCB, FPC). Existují však i nové technologie, které zatím v praxi běžně používány nejsou. Jedná se především o možnost využití technologie 3D-MID (Moulded Interconnect Devices) a vstříkovaných elektricky vodivých plastů.

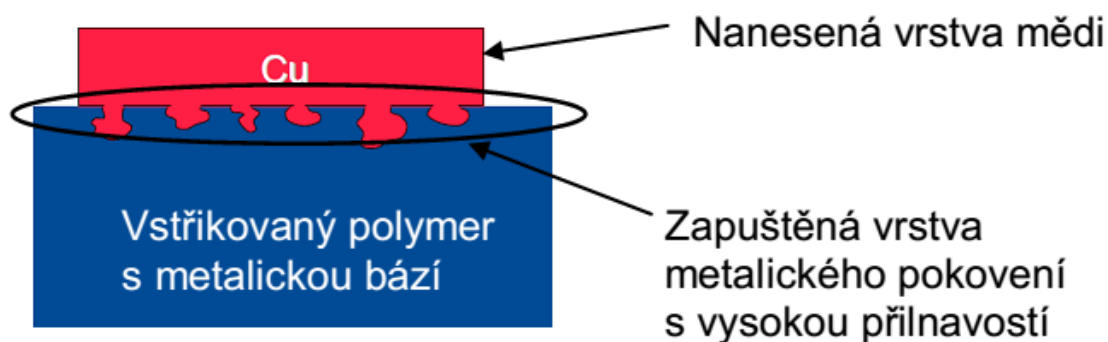
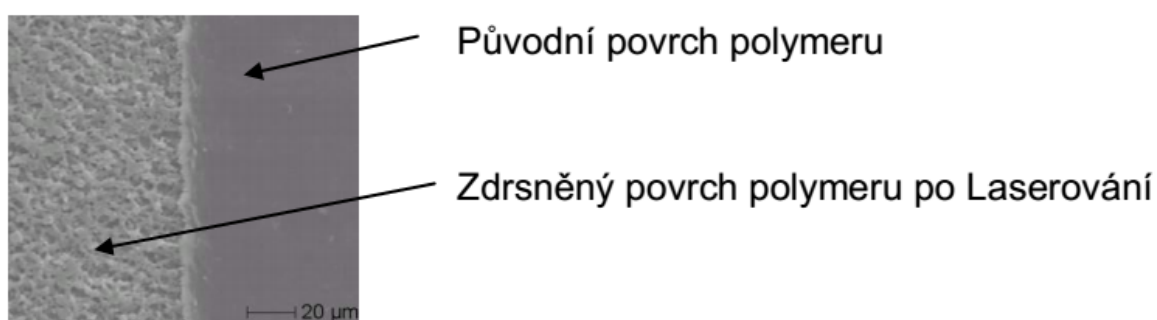


Prvním projektem, na kterém jsem spolupracoval, je inspirován technologiemi 3D-MID a tištěných flexibilních plošných spojů (FPC). U těchto technologií se předpokládá, že změní způsob, jakým je elektronika vyvíjena a spotřebována.

Technologie MID kombinuje elektrické a mechanické funkce v jednom komponentu. Komponent MID splňuje roli krytu a plošného spoje v jednom. Vodivé cesty jsou přímo integrovány do 3-D vstříkovaného dílu. Tento nedávno vyvinutý

proces umožňuje nahradit tradiční desky plošných spojů v mechatronických sestavách. A ještě více: Vodivé cesty mohou být integrovány přímo do třírozměrných struktur pouzder. Toto vede nejen k významným redukcím hmotnosti, ale také ke značným úsporám nákladů díky výhodám při instalaci.

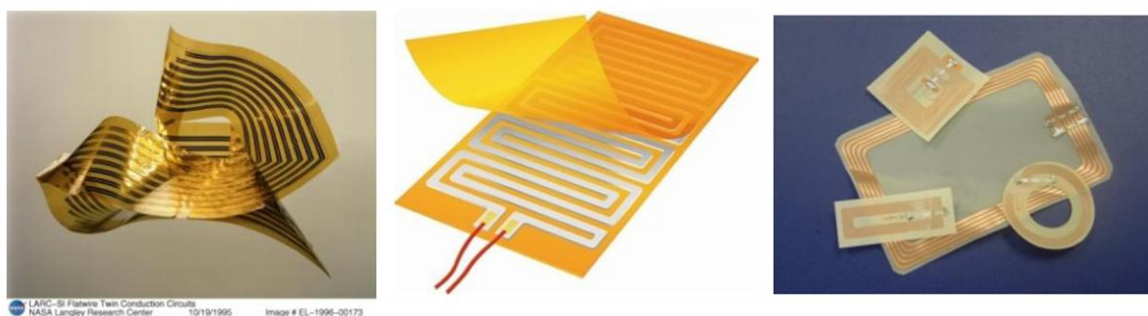
V prvním kroku se vstřikováním vyrobí libovolný plastový výrobek a poté následuje vytváření stop budoucích vodičů. Tyto stopy jsou vytvářeny pomocí laseru a v dalším kroku následuje chemické pokovení výrobku. Dochází tak k finálnímu pokovení stop, vytvořených v předchozí operaci.



V současné době je nabízena široká škála polymerních materiálů, vhodných pro technologii 3D-MID. Mezi nejpoužívanější matrice obsahující metalickou bázi (30-40%Cu), patří zejména PBT, PA6 a PET. Tyto materiály jsou většinou dopovány skelnými a minerálními vlákny, pro zlepšení mechanických vlastností. Příkladem může být Ultramid T 4371 LDS (Laser Direct Structuring): Tento materiál má matici tvořenou polymerem PA 6. Obsahuje navíc metalickou bázi Cu (cca 30%), 10% skelných vláken a 25% minerálních vláken. Jeho celkovým složením je dosaženo

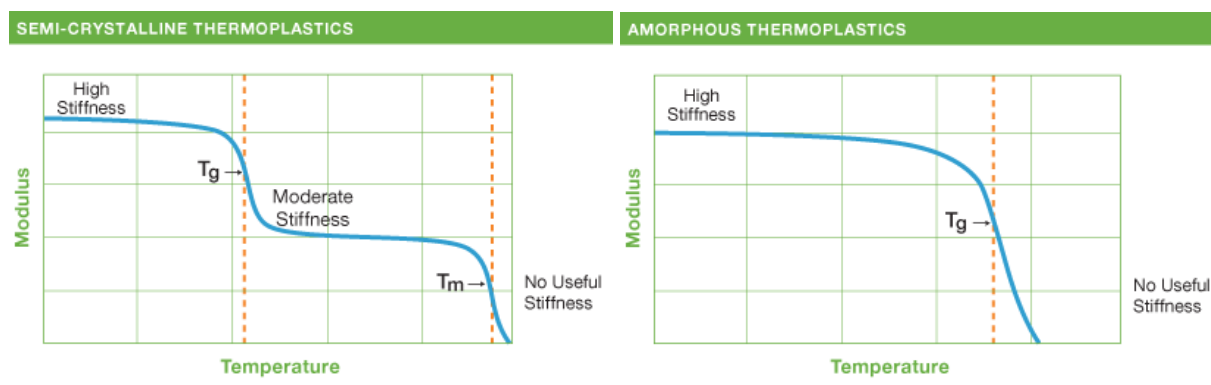
teploty tavení 295 °C, vysoké pevnosti a tuhosti materiálu, dobré chemické odolnosti a nízké hodnoty navlhavosti.

Druhou technologií, kterou se projekt inspiroval je technologie tištěných flexibilních plošných spojů (FPC). Tiskem elektroniky přímo na podklady, vědci doufají, že vydělá cestu k inovativním produktům, jako jsou chytré telefony a tablety s ohýbatelnými obrazovkami; inteligentní obaly na ochranu zboží, zabrání padělání nebo zjistí, které výrobky už mají prošlou trvanlivost a v neposlední řadě by se mohlo jednat například o nízkonákladové solární články integrované do budov a vozidel. Konvenční polovodičová elektronika je založena na komponentech, jako jsou odpory, kondenzátory, diody a křemíko/arsenidové galiové čipy, které jsou přiletovány na desce s plošnými spoji. Plastová elektronika nabízí způsob, jak snížit výrobní náklady vytisknutím tyto komponenty přímo na povrchu za použití polovodivých inkoustů na bázi uhlíku, stříbra nebo mědi a to za zlomek původních nákladů.

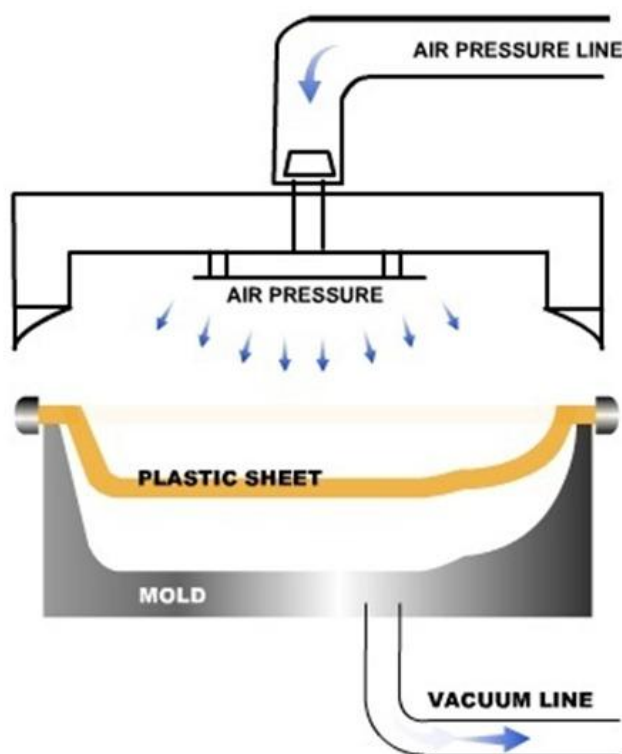


Ted už k samotnému projektu. Jak už jsem uvedl výše, inspirace byly čerpány z více zdrojů a výsledkem je snaha o vytvoření inteligentního dotykového ovládacího panelu přístrojové desky automobilu. Kombinuje technologii tištění flexibilních spojů pomocí vodivých inkoustů s technologií tvarování termoplastů. Tvarování je výrobní postup, u kterého polotovar ve tvaru desky nebo fólie mění svůj tvar bez většího přemísťování částic hmoty. Většinou se provádí za tepla, jen ve výjimečných případech je možné některé plasty tvarovat bez ohřevu, ale vždy se jedná o výrobky jednoduchých tvarů a bez velkých nároků zejména na rozměrovou přesnost. Tvarováním desek za tepla se vyrábějí různé kryty, nádoby, kufrы, apod. Velký význam má tato technologie v obalové technice. Při tvarování se musí plast v podobě

desky rovnoměrně zahřát na teplotu, při níž hmota vykazuje dobrou tvarovatelnost. Důležité je stejnoměrné prohřátí desky ve všech místech, které se zúčastní tvarování. Tažnost hmoty dosahuje maxima v určité oblasti teplot, která závisí na druhu plastu. Tato teplota leží u amorfních termoplastů těsně pod teplotou viskózního toku T_f , kdy se hmota nachází v kaučukovitě elastickém stavu, u krystalických plastů těsně nad teplotou tání T_m . Amorfní plasty se ohřívají kratší dobu, než semikrystalické.



Moje část práce na tomto projektu spočívala v simulacích technologie přetlakového negativního tvarování (někdy nazývaného tvarování vyfukováním) v programu T-SIM.

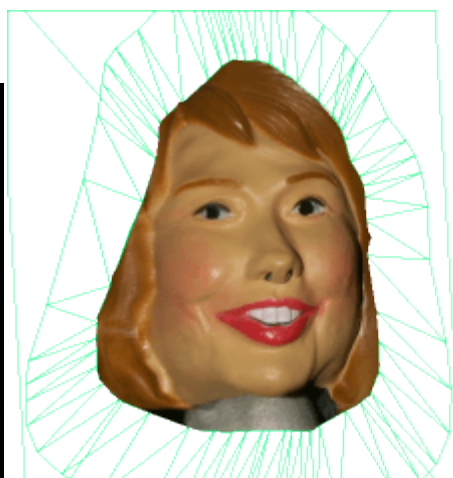
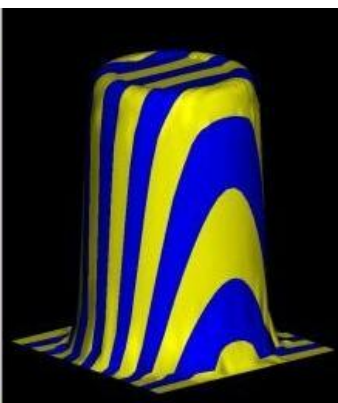
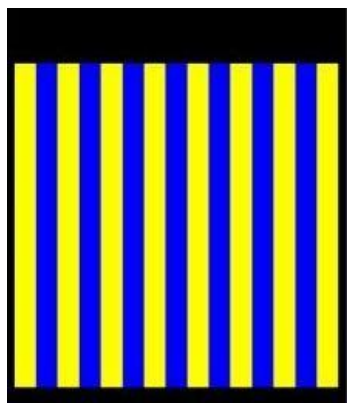


T-SIM je předním světový software pro simulaci tvarování termoplastů, který vyvinula česká společnost Accuform.

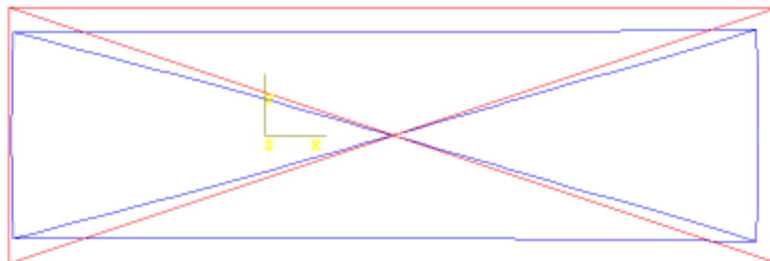


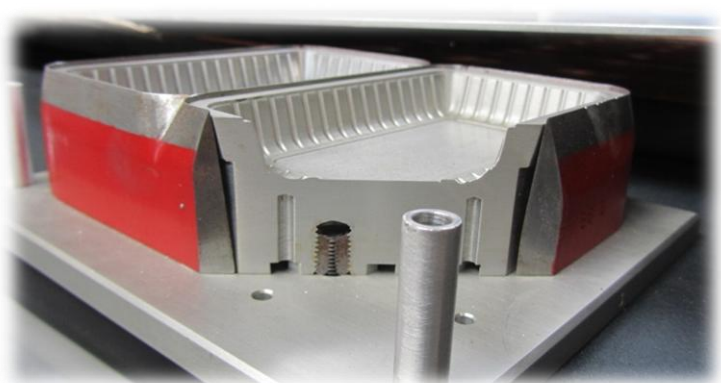
**SIMULATION AND OPTIMIZATION OF
THERMOFORMING AND BLOW MOLDING**

Program umožňuje nejen simulovat jednotlivé technologické procesy tvarování, ale jeho nová funkce umožňuje také predikovat zkreslení/deformaci natištěného obrazu (případně před zkreslení) na polymerní desku. Tato funkce umožňuje přesně umístit obraz zastoupený jeho obrysy na polymerní desku. Obrysy snímku musí být ve tvaru křivek a musí být uložen ve formátu IGES. T-SIM přečte soubor IGES a naprojektuje linky a křivky na deformovanou nebo rovnou desku. Deformace promítnutých linií/křivek se pak dají vyhodnocovat po procesu tvarování s cílem nadeformovat původní tištěný obraz do požadovaného tvaru.



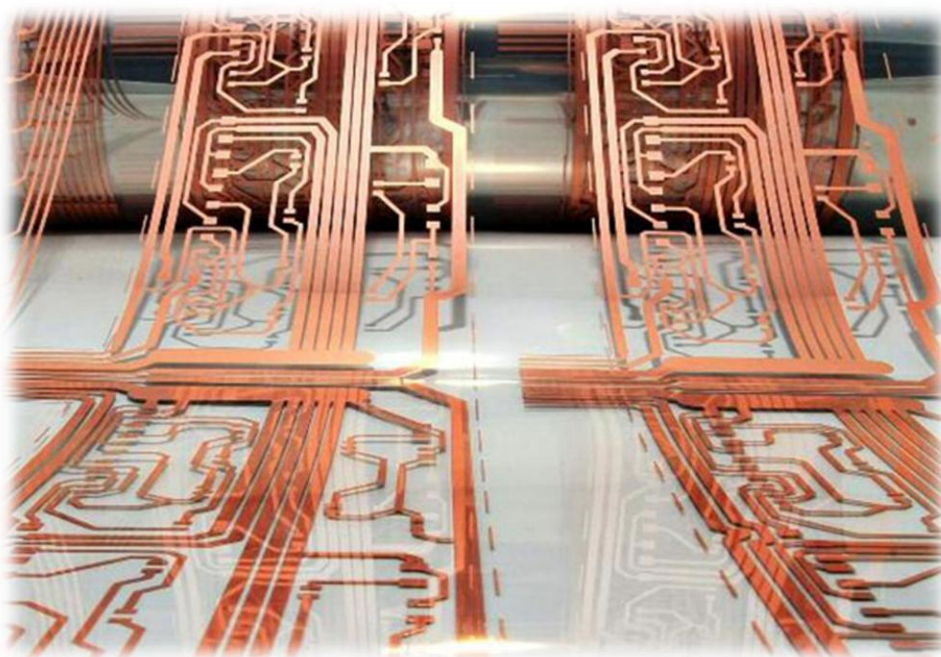
T-SIM





Cílem mé práce tak bylo vytvořit sérii simulací, které by udali celkový obraz limitních deformací tištěných spojů na různých tvarových nerovnostech formy (tvárnici) při různých technologických podmínkách. Z výsledků simulací se zvolili tři materiály pro experimentální testování. Nutno dodat, že v simulacích nebyly zohledněny materiálové vlastnosti jednotlivých potisků. Výsledky simulací tak lze považovat pouze jako směr udávající pro další výzkum. V další části projektu, se tyto simulace budou experimentálně ověřovat na vyrobených dílech s cílem předpovědět maximum povolené deformace na vlastnosti a především funkčnost vodivého spoje.

Nicméně výsledky mé práce a jednotlivých simulací nelze po konzultacích s prof. Reichelem publikovat s ohledem na podané patentové přihlášky!!!

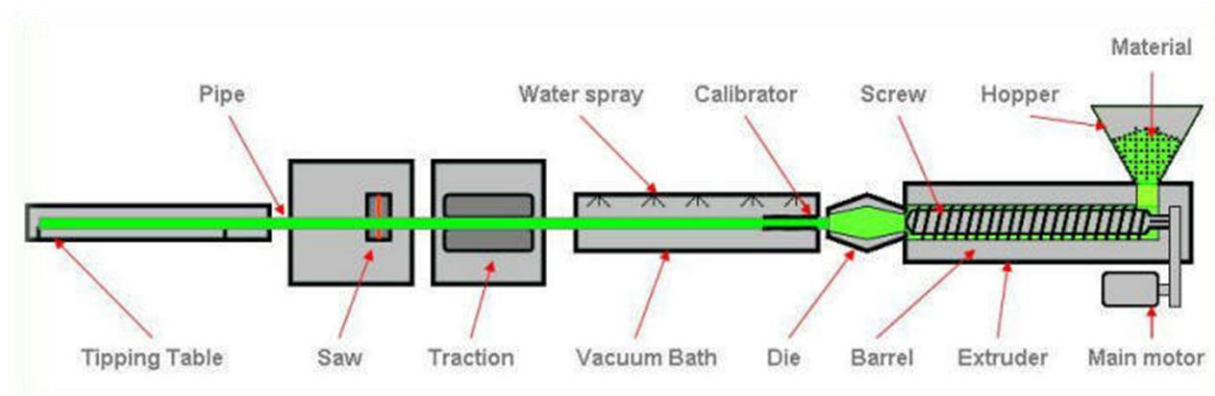


8 Zapojení do výzkumu: projekt snižování energetické náročnosti vytlačovacího procesu

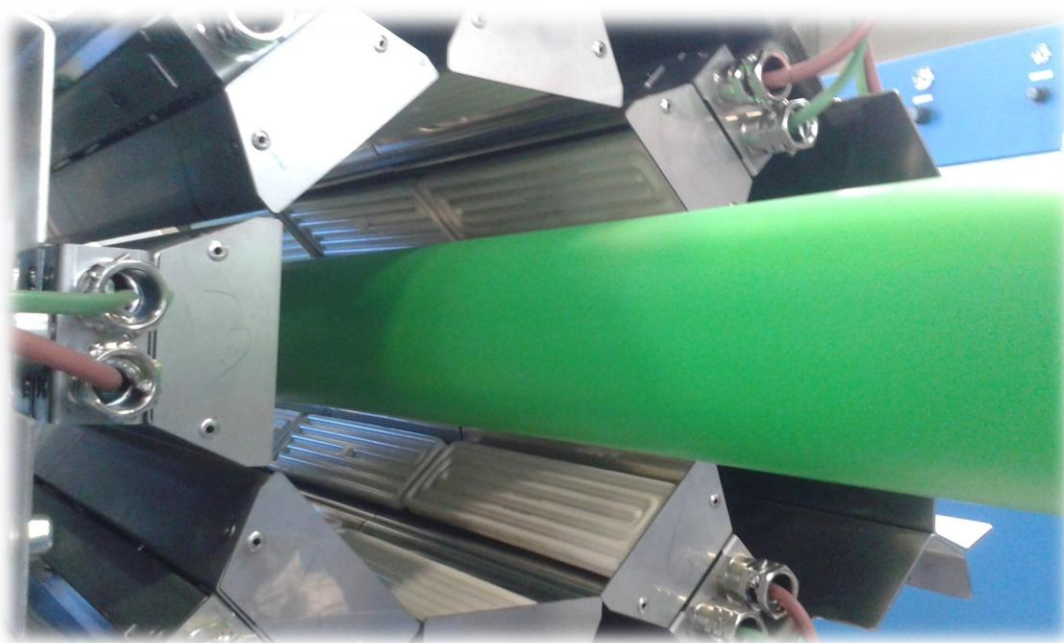
Druhým výzkumem, do kterého jsem byl částečně zapojen je lokální Bavorský projekt "Green Factory Bavaria".



Na projektu se podílí jak univerzita v Hofu, tak lokální výrobce vytlačovacích (extruzních) linek pro polymerní profily Hans Weber Maschinenfabrik GmbH, posledním účastníkem projektu je lokální firma využívající zmíněné vytlačovací linky na vytlačování trubkových profilů H.N. Zapf GmbH & Co. KG. Rostoucí ceny energií zvyšují tlak na výrobce i provozovatele, které vedou ke snižování nákladů vytlačovacích linek. Výrobce je tak nucen vyvíjet energeticky účinnější vytlačovací linky. Jednou možností, jak dosáhnout tohoto cíle, je znovu využití odpadního tepla vznikajícího v průběhu procesu vytlačování. Cílem projektu je tak monitorizace energetické účinnosti vytlačovacího procesu a využití odpadního tepla, v rámci společnosti tak, aby snížila své primární energetické náklady.

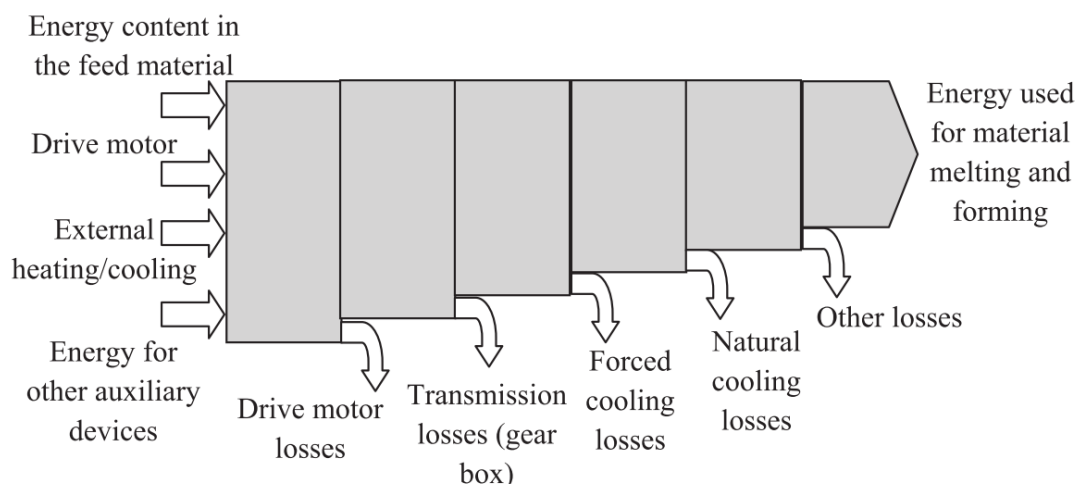


Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě buď konečných tvarů, nebo k výrobě polotovarů. K vytlačování se využívají hlavně šnekové vytlačovací stroje, které však nepracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují odtah, kalibraci, doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu, apod.

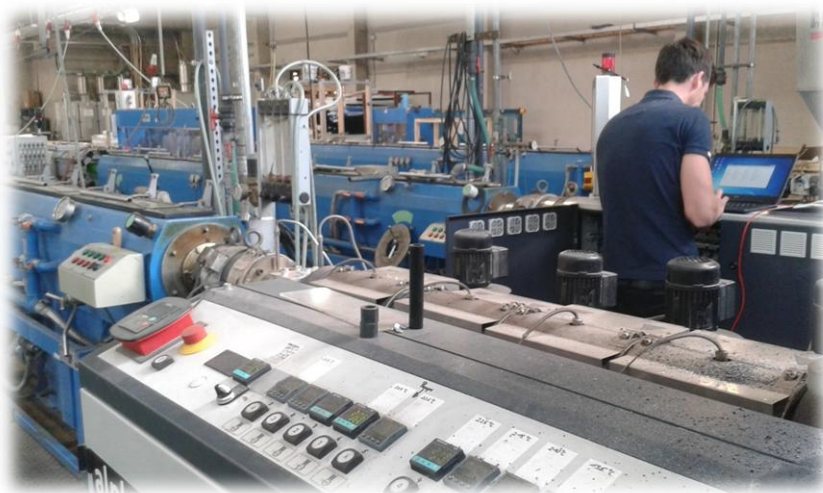


Vytlačování je energeticky velice náročné. Hlavním problémem je a výběr nejvhodnějších zpracovatelských podmínek vzhledem k energetické náročnosti procesu, což je také klíčem ke snížení provozních nákladů. Největší energetickou spotřebu má hnací motor, následovaný vytápěním tavící komory a vytlačovací hlavy, dále pak chladicí ventilátory, chladicí vodní čerpadla, atd.

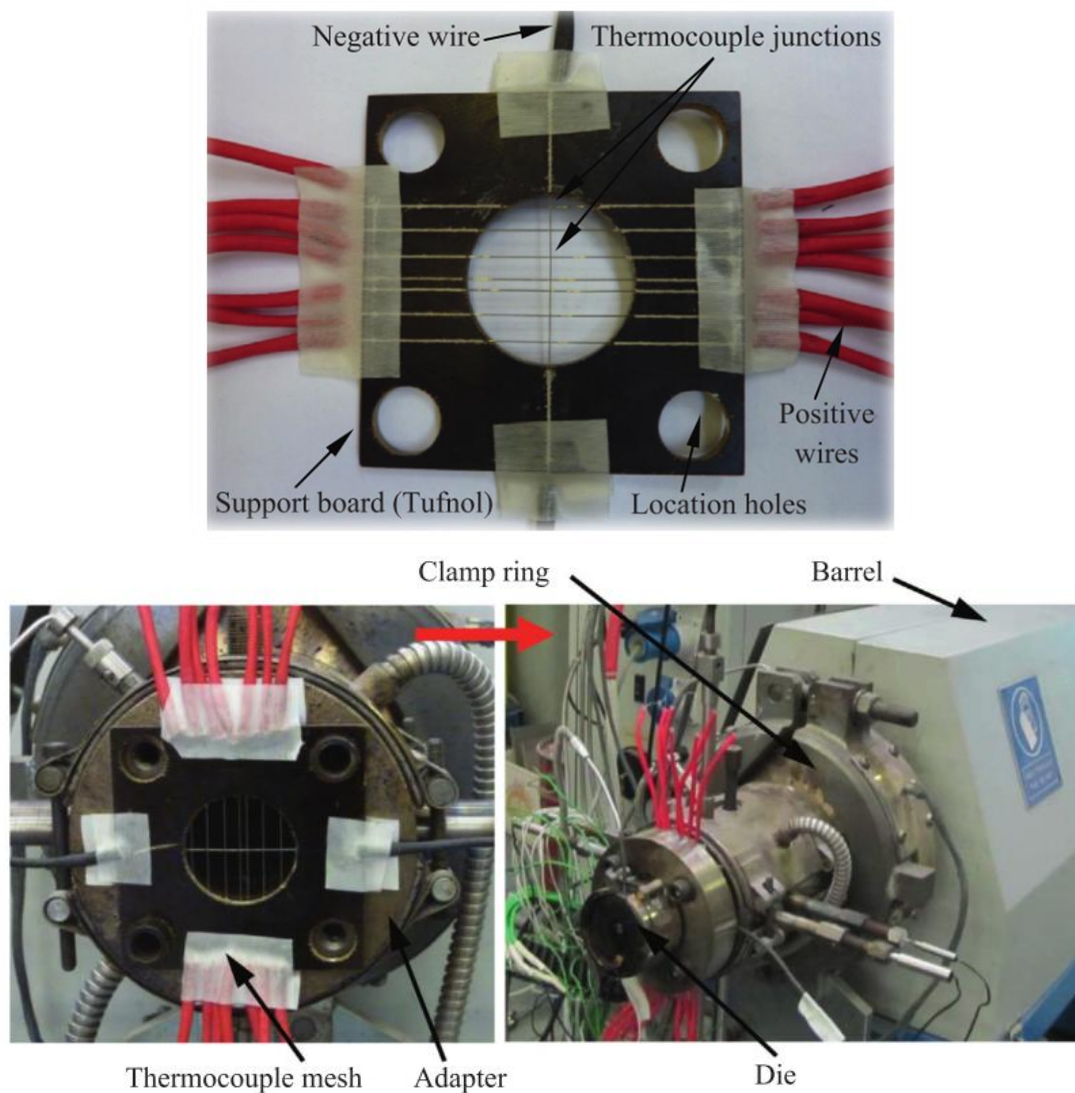
Tepelná stabilita procesu má velký význam při vytlačování polymeru, kdy kvalita produktu závisí na homogenitě taveniny dosažené hnětením šnekem extruderu. Optimalizace využití energie procesu při zachování stability taveniny je tak nezbytná pro výrobu kvalitní produkt za nízkou cenu.



Já jsem během moji stáže a práce na tomto projektu účastnil zejména kolekce jednotlivých dat z extruzní linky. Pravidelně jsme s německým kolegou dojížděli do firmy Zapf a nahrávali jsme data pro dlouhodobé vyhodnocení energetické spotřeby vybraných vytlačovacích linek. Z dlouhodobého časového měření odpadního tepla z vakuové komory pro vytlačování linky SGBE 9 lze konstatovat, že množství vyskytujícího se odpadního tepla ze středně velké vytlačovací linky je vhodné k dalšímu využití. Monitorováním odpadního tepla vakuové komory pak ukazuje, že v komoře 1 je nejvíce energie spotřebováno k chlazení vody pro ochlazování materiálu. Se zvyšující se produkcí narůstá i odpadní teplo. Z měření je také zřejmé, že vyšší produkce, která koreluje s vyšší rychlostí šneku, vede k vyšší spotřebě energie. Vypouštění odpadního tepla, vznikajícího při chlazení vytlačovací komory pomocí ventilátorů a jeho využití ke snižování energetické spotřeby firmy bude řešeno v dalších částech projektu.



Druhou částí mé práce byla pomoc s přípravou a zhotovením experimentálního přípravku (viz. níže) pro měření teplotní homogenity taveniny za šnekem extrudéru, jehož výstupem je anglický článek v odborném časopise.



9 Závěr

Celkově hodnotím stáž jako velice přínosnou a doporučil bych jí všem, co se nebojí prolamovat ledy jazykových a kulturních bariér. Rozhodně pro mě byla stáž přínosem a posunula mě dál jak v osobním, tak pracovním životě. Výzkum a práce na projektech přinesly mnoho užitečných nápadů a řešení, které lze přímo začlenit do výzkumu a připravovaných článků. Nakonec bych rád poděkoval Prof. Dr. Herbertu Reichelovi za jeho vstřícnost a odborný přístup, dále pak za pomoc a volný čas svým kolegům Rolandu Krausovi, M.Sc. a Robertu Greulichovi, B. Eng.