



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Ústav mechaniky těles,  
mechatroniky a biomechaniky

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A  
BIOMECHANIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND  
BIOMECHANICS

**PRŮMYSLOVÝ PROJEKT**

**TE CONNECTIVITY LTD**

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

BC. VÁCLAV STAVÁREK

# 1 Úvod

Tato semestrální práce popisuje mé dojmy a zkušenosti ze zaměstnání na částečný úvazek ve společnosti TE Connectivity Kuřim, kam jsem nastoupil v únoru 2015. Na příležitost jsem narazil tak, že jsem si nahrál životopis na web veletrhu pracovních příležitostí JobChallenge (<http://www.jobch.cz/>). Poté se mi už telefonicky ozval personalista z výše zmíněné firmy a po pracovním pohovoru a vstupním školení jsem mohl nastoupit. Jako absolvent osmiletého gymnázia jsem vítal jakoukoliv možnost získat praktické dovednosti.

## 2 TE globálně

TE Connectivity je nadnárodní společnost, která se zabývá prodejem konektivity a senzorů s důrazem na splnění požadavků pro drsná prostředí.

- elektrotechnický průmysl
- korporátní středisko v Schaffhausenu (Švýcarsko)
- centrála v Berwynu (Pensylvánie)
- 72 000 zaměstnanců (7000 inženýrů)
- 21 designových center
- 90 výrobních závodů
- 18000+ patentů



Mezi hlavní zákazníky firmy patří:

- výrobci automobilů (General Motors, BMW, Audi...)
- výrobci kabeláží (Leoni, Yazaki, Delphi...)
- výrobci komponent (Bosch, Continental, Brose...)

### 2.1 Organizace

Společnost působí v těchto oblastech světa:

- AMERICAS
- EMEA (Evropa, Střední Východ a Afrika)
- ASIA (mimo číny)
- CHINA



Dělí se na tyto obchodní divize:

- Řešení pro dopravu (aplikační nástroje, automobilový průmysl, senzory...)
- Řešení pro průmysl (letecký průmysl, energetika, zdravotnictví...)
- Řešení pro komunikaci (přístroje, ochrana obvodů...)



### 3 TE Kuřim

Pobočka v Kuřimi, která má cca 2500 pracovníků, se zabývá výrobou produktů pro automobilový průmysl.



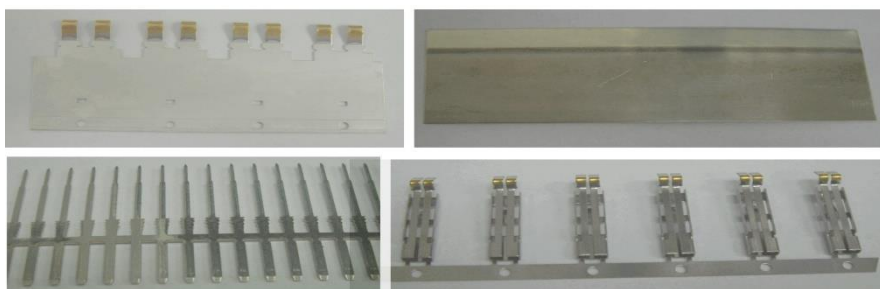
Obrázek 1: TE Kuřim

#### 3.1 Střediska

V závodu je celá řada oddělení, jednak výrobních a jednak čistě technickohospodářských (THP). Na každém oddělení se dělají jiné výrobky a používají se různé výrobní technologie. Nyní uvedu ty, se kterými jsem během své praxe přišel do styku.

##### Plating (galvanovna)

Na platingu dochází ke galvanickému pokovování pásoviny a kontaktů různými druhy kovů (nikl, cín, stříbro, zlato). Technologie procesu vyžaduje přísun elektřiny, vody, stlačeného vzduchu a chemikálií.



Obrázek 2: Ukázka finálních produktů platingu

##### Stamping (lisovna)

Stamping disponuje 45 výrobními pracovišti vybavenými rychloběžnými lisami značky Bruderer o lisovací síle 250 a 500 kN, které pomocí různých nástrojů stříhají a ohýbají kovovou pásovinu a vyrábí různé typy kontaktů (obrázek 3). Ve spolupráci

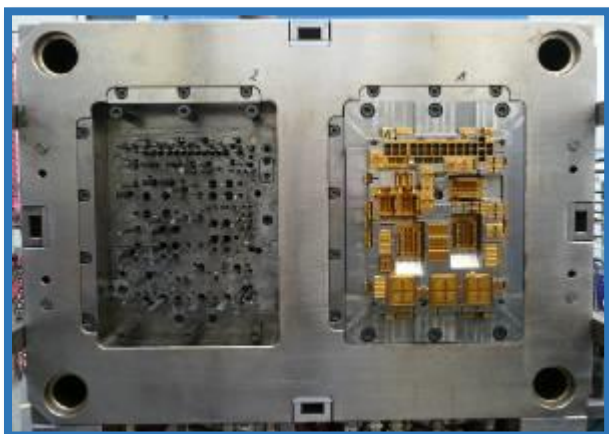
s tímto oddělením jsem zpracoval svou bakalářskou práci s názvem Vliv montážních nepřesností na životnost vinuté pružiny.



Obrázek 3: Ukázka finálních produktů stampingu

### Molding (lisovna plastů)

Zde se na zhruba 90 strojích vyrábí technologií vstřikování plastů buďto čistě plastové díly (molding), nebo díly se zalitými kovovými spoji (inlay molding). V současné době zvažuji téma diplomové práce ve spolupráci s tímto oddělením na téma optimalizace tvaru jader ve formách za účelem snížení počtu havárií během výroby (4.2.2).



Obrázek 5: Ukázka moldingové formy



Obrázek 4: Ukázka finálních produktů moldingu

### Tool & Die shop (nástrojárna)

Nástrojárna podporuje ostatní výrobní oddělení dodávkami náhradních dílů do forem a nástrojů. Nástrojárna není schopna pokrýt veškeré požadavky svých zákazníků pouze vlastní výrobou, a tak je přibližně stejné množství dílů, co je zde vyrobeno, objednáváno od externích kooperantů. Využívá se zde celá řada výrobních procesů (svařování, broušení, frézování, soustružení, výroba elektrod, hloubení a drátkování). S nástrojárnou jsem přišel do kontaktu pokaždé, když jsem chtěl nechat vyrobit nějaký přípravek.

### Manufacturing engineering

Manufacturing engineering má na starosti zavádění nových výrobních strojů a linek a podporu těch fungujících. Konstruují se zde různé ochranné kryty na stroje, pomocné předměty pro operátory výroby (stoličky, přípravky), měřicí přípravky pro kontrolu konkrétních rozměrů apod. Pro toto oddělení jsem zpracoval řadu úkolů v létě 2015 v rámci rozšířené pracovní doby během prázdnin.

## 3.2 Product Engineering

Produktový inženýr je zodpovědný za technické parametry výrobku od fáze uvedení do výroby až do jejího ukončení. Jedná se převážně o automobilové kontakty a konektory. Měl by mít přehled o všech použitých výrobních technologiích (tváření kovů a jejich povrchové úpravy, vstřikování plastů a ruční i automatická montáž). Věnuje se jak konstrukci, tak projektovému managementu ve smyslu zajištění komunikace s výrobními i podpůrnými odděleními a se zákazníkem.

V Kuřimi je 10 inženýrů, kteří jsou součástí 44 členného týmu vedeného z Německa. Řeší zejména technické problémy výrobků, posuzování odchylek, provádí změnové řízení, nechávají produkty testovat a realizují technické a finanční optimalizace. Mezi nejčastěji používané softwarové nástroje patří:

### DM-TEC

Jedná se o databázi zveřejněných dokumentů. Lze v ní vyhledávat výrobní výkresy, zákaznické výkresy, specifikace apod.

### SAP

SAP (Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung) je databázový systém, ve kterém je veden v podstatě chod celého závodu. Lze zde dohledávat např. uskladněná množství daného výrobku, vyrobená množství za určité období, údaje o vstupních kontrolách materiálu, všechny výrobky, ve kterých je použit daný materiál apod.

### Windchill PDMLink

Je to další databáze, tato je ale primárně určena pro CAD data – 3D modely a k nim odpovídající výkresy. V současné době probíhá přechod z několika jiných databází na PDMLink a postupně se zde ukládají i ostatní druhy dokumentů.

### PTC Creo Parametric 3.0

CAD software pro parametrické modelování využívaný v TE. Noví inženýři mají nárok na oficiální zaškolení na Creo od firmy AV Engineering. Já jsem se práci v něm naučil po několika sezeních s kolegou a samostudiu různých volně přístupných návodů. Možnost pracovat s tímto softwarem jsem uvítal jako příležitost mít v životopise o dovednost navíc.

## 4 Product Engineering Support

Má pracovní pozice se jmenuje Product engineering support. Jak už z názvu vyplývá, mým úkolem je všeobecná podpora výše zmíněného oddělení. Inženýři posílají některé jednodušší úkoly podpoře v Indii a já zpracovávám část práce, která by se jinak exportovala, popřípadě řeším urgentní úkoly.

### 4.1 Náplň práce

Úkoly jsou mi zadávány do tabulky – List Of Open Points (LOP). Mezi ty jednodušší patří například:

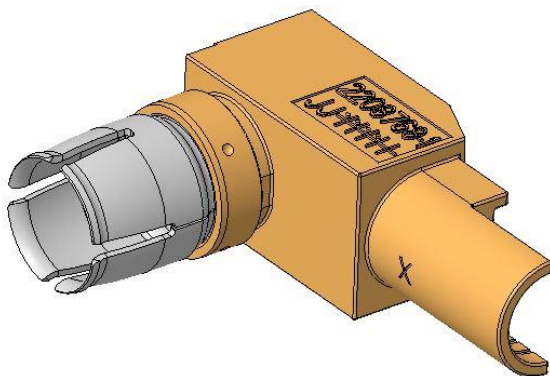
- zasílání balíků se vzorky do poboček po celém světě

- tvorba a úprava přehledů výrobků, za které je daný inženýr zodpovědný – tabulky v MS Excel s různými hypertextovými odkazy na výkresy, povolení výroby apod.
- vyhledávání dat v SAPu – např. počet vyrobených kusů za poslední fiskální rok a z něj pak odhadnout potenciální úsporu
- zpracování textových dat z měření, následná tvorba grafů a prezentací – např. měření zásuvné síly konektoru na trhacím stroji
- kontrola výkresové dokumentace po vydání nové revize
- úpravy výkresové dokumentace – např. doplnit tabulku, přidat pohled a kóty
- úpravy 3D modelů – např. změnit rozměr, doplnit křídélka k pinu apod.
- zpracování dat z náměrových protokolů – např. hledání souvislosti mezi NOK rozměrem na výrobku a kavitou formy, ve které byl odlit
- toleranční analýzy – např. zjistit velikost mezery mezi 2 součástmi při krajním případě tolerancí

Dále dostávám i složitější úkoly, jejichž řešení má více fází a zabere delší dobu.

#### 4.1.1 Měření kroutícího momentu

Na výrobku je od zákazníka předepsán kroutící moment, který musí růžice (obrázek 7) vydržet, aniž by došlo k jejímu uvolnění z druhé součásti. Na toto ověření již mají ve výrobě přípravek, který dobře funguje (obrázek 6).



Obrázek 7: Sestava růžice a diecastu



Obrázek 6: Přípravek na ověření kroutícího momentu

Zákazník si však vyžádal i hodnotu kroutícího momentu, při kterém k vylomení dojde. Na tento případ již nebylo možné použít výše zmíněný přípravek, protože jeho druh upnutí není schopen přenést dostatečný moment. Proto bylo nutné vymyslet nový způsob měření – za pomoci nástrojárny byl vyroben jednoduchý přípravek ze šroubu a kovové destičky (obrázek 8).

Tímto způsobem už bylo možné zjistit potřebné hodnoty kroutícího momentu a předat je zákazníkovi.



Obrázek 8: Nový přípravek na vylomení růžice



Obrázek 9: Měření pomocí momentového klíče

#### 4.1.2 Přípravek na navlékání ferule na kabel

V Sample shopu (středisko, kde připravují vzorky na testování) se objevil problém při navlékání ferulí (kovových trubiček) na kabely. Na navlečení je potřeba vyvinout relativně velkou sílu a operátorky měly z opakování tohoto procesu odřené ruce. Byl proto navrhnout přípravek na navlékání ferulí s výměnnými plíšky s různými velikostmi drážek pro různé druhy kabelů a ferulí. Plíšky byly opatřeny DLC (uhlíkovým) povlakem pro lepší odolnost a kluzné vlastnosti.



Obrázek 10: Přípravek na navlékání ferulí

#### 4.2 Potenciál využití MKP analýz

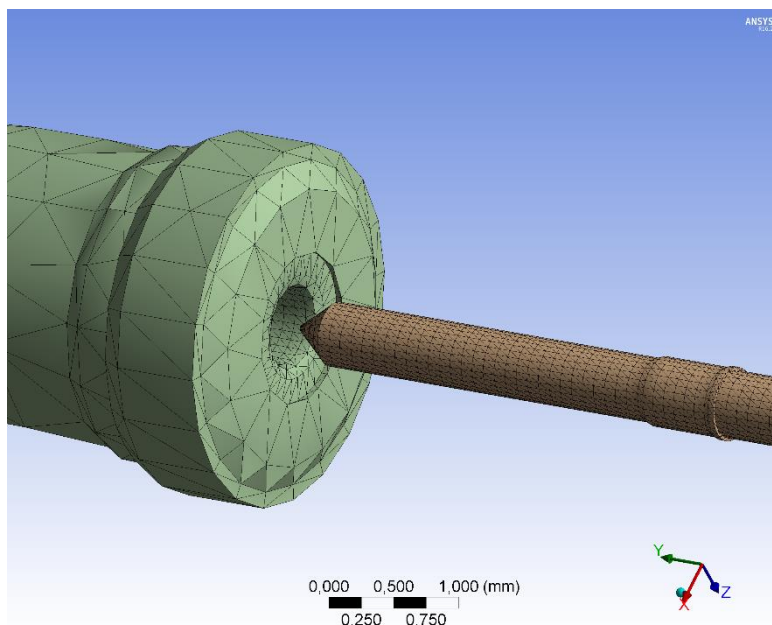
V Kuřimském závodu se nenachází žádné výpočtářské oddělení, inženýři však přesto občas potřebují ověřit nějakou změnu designu před jejím zrealizováním. V současné době se požadavky na všechny MKP analýzy posílají do výpočtářského oddělení v Německu, které je však vytížené množstvím požadavků z ostatních závodů. Kvůli tomu může být čekací doba velmi dlouhá.

Firma však vlastní globální licenci na výpočetní software ANSYS a pokud chci, můžu si ho nainstalovat i na svém počítači. To mi umožňuje provádět simulace přímo v Kuřimi. Většinou se jedná o nelineární kontaktní úlohy, k jejichž řešení mě zatím studium oboru Inženýrská mechanika nepřipravilo, a proto se nyní snažím si je sám nastudovat.

#### 4.2.1 Zjištění zásuvné síly pinu do dielektrika

Od zákazníka jsou na kontaktech předepsané různé hodnoty maximálních zásuvných a minimálních výsuvných sil. Například moc velká zásuvná síla může způsobit ztrátu vzpěrné stability kontaktu při montáži a při moc malé výsuvné síle zase kontakt nebude dostatečně upevněn. Inženýři jsou často nuceni měnit design výrobku za účelem změny těchto sil. MKP analýza v tomto případě odpoví na otázku, zda dojde ke snížení nebo zvýšení síly a získáme z ní i přibližnou novou hodnotu.

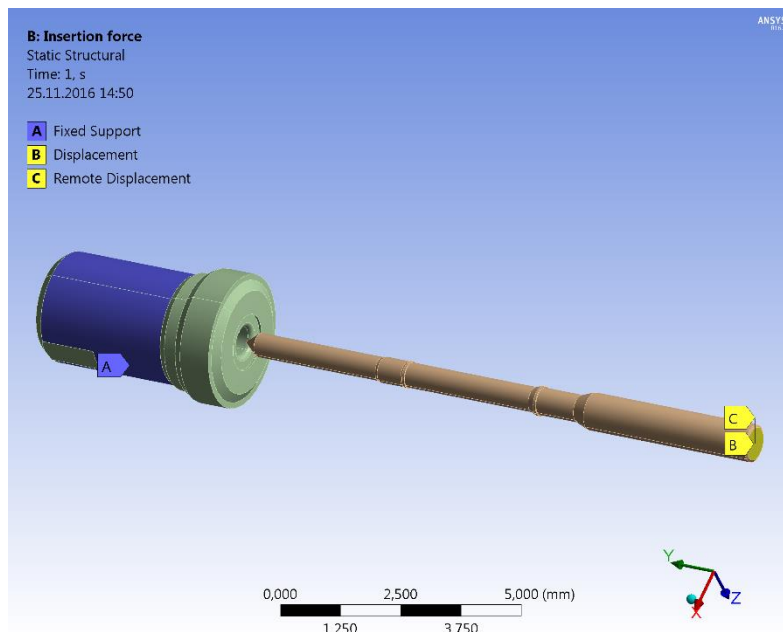
Simulaci jsem zkoušel provést v ANSYS WB. Materiály (mosaz, polyamid) byly modelovány jako homogenní, izotropní, lineárně-elastické (zadán Youngův modul a Poissonovo číslo). Byla vygenerována síť prvků zjemněná na kontaktních površích (obrázek 11).



Obrázek 11: Síť prvků SOLID185

Kontakt samotný byl definován jako frictional, symmetric, augmented lagrange. Koeficient tření pro kombinaci plast a kov se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,3. Právě koeficient tření byl při řešení úlohy největší problém, protože v závislosti na něm se výsledná síla pohybovala v rozmezí 6 – 16 N. Pro přesnější řešení úlohy by bylo tedy nutné nějak doladit koeficient tření mezi použitými materiály. Síla rovněž závisela na použité verzi prvku SOLID185 – pro kvadratické prvky vycházela menší, ale při větší hustotě sítě s kvadratickými prvky řešení vždy havarovalo.

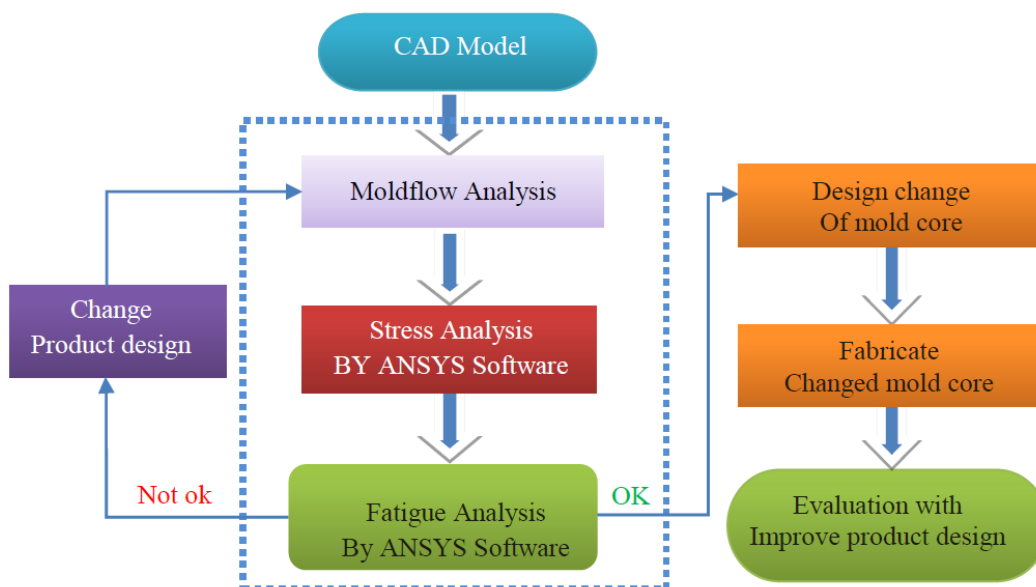




Obrázek 12: Okrajové podmínky

#### 4.2.2 Predikce životnosti jádra v moldingové formě

Na nedávné technické konferenci v Praze prezentovali autoři Mahesh Nichite, Alexander Van Hille, Timo Schwiering, Stefan Braun a Paul Aper svou práci, ve které se jim podařilo výpočetně simulovat namáhání jádra formy při lisování plastu. Využili software Moldflow ke zjištění průběhu tlaku na povrchu jádra během jednoho vstřikovacího cyklu. Zjištěné tlaky pak pomocí maker vyexportovali do mřížky v programu ANSYS. Zde pak provedli deformačně-napětovou analýzu a analýzu únavové životnosti. Tímto způsobem mohli ověřovat vlivy různých vrubů v geometrii na životnost jádra a provést optimalizaci (obrázek 13).



Obrázek 13: Blokové schéma optimalizace designu

Protože pro průměrnou havárii jádra byla ztráta podniku vyčíslena na 1160 \$, probíhají v současné době snahy aplikovat podobný postup optimalizace i na

nástroje v TE Kuřim. Pokud by se něco takového uskutečnilo, mohl bych se na tom podílet formou diplomové práce.

### **4.3 Erasmus praktická stáž**

Protože se jedná o nadnárodní společnost s pobočkami v různých částech světa, mám jako student možnost ucházet se o praktickou stáž v jedné z nich. Stáž by proběhla v rámci projektu Erasmus+. Celou věc je nutné projednat s nadřízenými a personálním oddělením, nicméně rád bych navštívil například závod ve Španělské Montcadě (metropolitní oblast Barcelony).

## **5 Závěr**

V tomto průmyslovém podniku plánuji nadále pokračovat se svou stáží, její průběh bych zatím hodnotil určitě pozitivně.

### **Pozitiva:**

- + možnost přivydělat si peníze a současně zůstat ve svém oboru
- + flexibilní pracovní doba
- + získání nových dovedností (komunikace v rámci podniku, cizí jazyk, software)
- + téma bakalářské i diplomové práce pro mou specializaci
- + pracovní kolektiv
- + potenciál cestovat

### **Negativa:**

- jednotvárnost některých úkolů
- největší vývojové centrum je v Německu, v Kuřimi se spíše udržují již rozjeté projekty
- pokud se chcete podílet na zajímavějších věcech, je vždy nutná iniciativa z vaší strany (v podstatě není ani negativum)