

# MĚKKÁ ROBOTIKA

Šimon Dolák

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology  
Institute of Automation and Computer Science  
Technická 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic  
208498@vutbr.cz

*Abstrakt: Tato seminární práce se zabývá roboty s měkkým povrchem. V práci se nachází srovnání konvenčních a soft robotů, popis nejpoužívanějších aktuátorů. Dále je zde popsáno využití robotů a budoucnost vývoje.*

*Klíčová slova: Robot s měkkým povrchem, Elektroaktivní polymery, Pneumatické umělé svaly*

## 1 Úvod

Tradiční roboty mají pevné konstrukce z neelastických materiálů, které limitují jejich schopnost interagovat s jejich prostředím. Tyto manipulátory většinou mají nepružné spoje a dokážou manipulovat s objekty pouze pomocí koncových efektorů, které jsou k tomu určeny. Nevýhodou těchto robotů je ovšem těžké uplatnění v přírodním prostředí nebo při práci v blízkosti člověka. Proto se vědci v posledních několika letech začali zabývat takzvanou měkkou robotikou (soft robots). Tento typ robotiky se inspirovuje přírodou, například sloním chobotem nebo chapadly chobotnice, jenž neobsahují žádné pevné části.

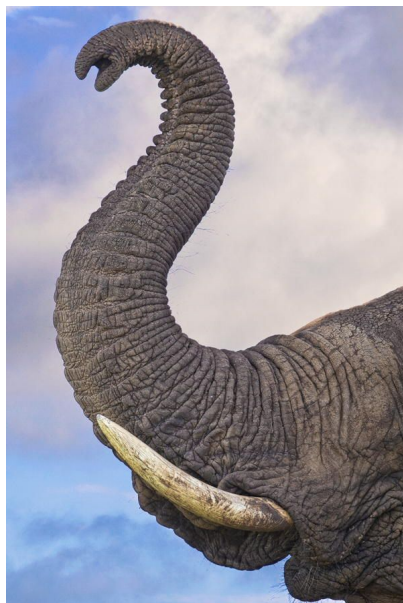


Figure 1: Sloní chobot

## 2 Srovnání konvenčních a soft robotů

Robot obecně je systém, který je naprogramován tak, aby dokázal plnit určité úkoly pomocí různých pohybů, jenž dokáže robot vykonat[2]. Aby bylo možné tyto úkoly provést, robot se musí skládat ze zdroje, senzoru, jenž dodává robotovi informace o prostředí, poloze a také objektu, se kterým manipuluje. Dále se zde nachází akční člen, který mění energii zdroje na mechanickou energii a řídicí jednotka sloužící k ovládání. Robot je tedy každý stroj, který ovlivňuje své okolí na základě informací získaných pomocí senzorů. Tyto informace následně robot zpracuje a po vyhodnocení náležitě reaguje[5].



Figure 2: Měkké robotické kleště[7]

## 2.1 Materiály použité k výrobě

Konvenční roboty jsou vyrobeny z velmi tuhých materiálů jako je ocel, hliník, titan atd. Součásti jsou vyrobeny například soustružením nebo pomocí CNC stroje a následně mechanicky sestaveny. Roboty s měkkým povrchem mají ale své pohyblivé součásti vyrobeny z velmi měkkých a elastických materiálů, tedy schopnost navracení do původního tvaru a velikosti po působení vnější síly. Materiálem mohou být různé polymery, gumy, silikony a další pružné materiály. Tyto součásti jsou vyrobeny většinou pomocí 3D tiskárny nebo různými metodami formování. Materiálová tuhost robotů s měkkým povrchem se pohybuje v rozmezí  $10^4 - 10^9$  Pa, což odpovídá tuhosti kůže nebo svalové tkáni[8].

## 2.2 Rozdíly pohybových mechanismů

Konvenční roboty a roboty s měkkým materiálem používají rozdílné mechanismy, které zajišťují obratný pohyb. Klasický robot je v optimalizovaném prostředí velmi přesný. Jsou proto vhodné pro využití například ve výrobní lince. Jsou vyrobeny tak, aby vibrace neovlivňovali přesnost pohybu. Většinou mají několik kloubů propojených pevnými spoji. Každý kloub umožňuje buďto translační nebo rotační pohyb, aby vytvořil jeden stupeň volnosti. Roboty s měkkým materiálem mají teoreticky distribuovanou deformaci s nekonečným počtem stupňů volnosti. Tyto roboty mají navíc i výhodu oproti těm z tuhých materiálů při styku s objekty. Mají menší odpor k tlakovým silám a proto se lépe vypořádají s překážkami[3].

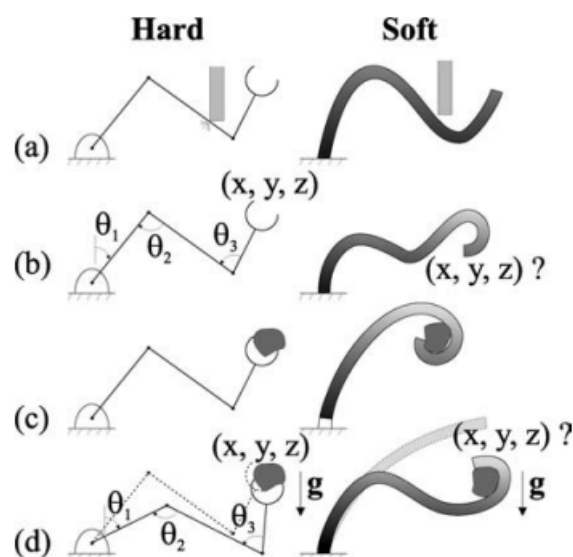


Figure 3: Schopnost robotů pro určité úkony: a) obratnost b) určení vlastní polohy c) manipulace d) zatížení [3]

Table 1: Srovnání robotů [3]

	Konvenční roboty	Roboty s měkkým povrchem
Stupně volnosti	konečné	nekonečné
Akční členy	málo diskrétních	spojité
Namáhání materiálu	žádné	velké
Materiály	kovy, plasty	guma, polymery, silikony
Přesnost	velká	malá
Nosnost	velká	malá
Bezpečnost	malá	velká
Obratnost	malá	velká
Pracovní prostředí	pouze strukturované	strukturované i nestrukturované
Manipulovatelné objekty	dané rozměry	různé rozměry
Schopnost pracovat s překážkami	žádná	velká
Ovladatelnost	jednoduchá	složitá
Plánování trasy	jednoduché	složitě
Odhad pozice	jednoduchý	složitý

### 3 Konstrukce soft robotů

Inspirací pro konstrukci robotů byla příroda, konkrétně měkké struktury, které se dokážou ohýbat, kroutit a roztahovat. Součástí robotů jsou ale i senzory, ovládací systém, program, který určuje chování robota a v neposlední řadě akční členy. Při konstruování měkkého robota je největší problém při vybírání vhodného akčního členu. Běžné elektromoty jsou většinou příliš velké, aby mohly být použity. Některé roboty využívají hydraulické a pneumatické pohonné systémy, které jsou uloženy odděleně v pevné schránce oddělené od měkké části[5]. Vědci ale vyvinuli tzv. měkké aktuátory na kterých je založena většina moderních soft robotů. Jedná se o elektroaktivní polymery (EAP) a pneumatické umělé svaly (PAM)[3]

#### 3.1 Elektroaktivní polymery

Hlavními charakteristikami soft robotů s EAP jsou malá hmotnost, odolnost proti zlomení, velká pružnost a relativně dobrý pohon. Tento materiál vykazuje změnu velikosti nebo tvaru, když je stimulován elektrickým polem[10]. EAP je ale limitováno velikostí, nelze je použít na velká měřítka, jelikož se dramaticky zvyšuje odezva. Z tohoto důvodu se roboty s EAP využívají například pro mikro manipulátory nebo malé plavající roboty[3].

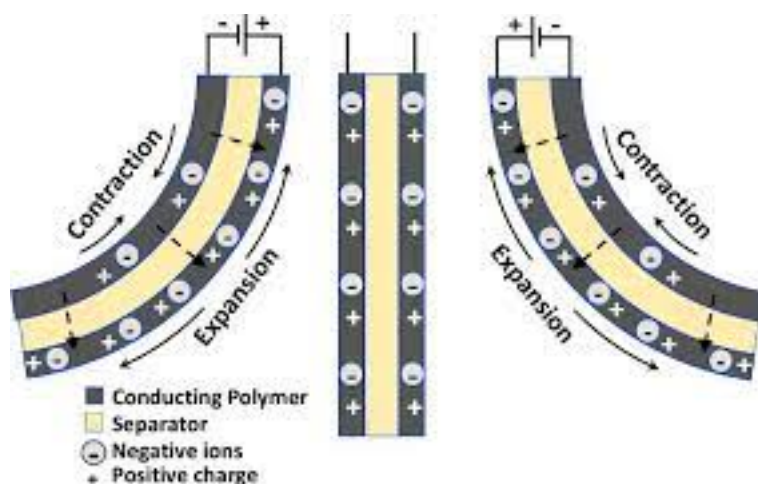


Figure 4: princip elektroaktivního polymeru [1]

Za zmínku stojí také EAP gel, který mění tvar při změně prostových elektrických polí. Tento gel se může využít například při výrobě protéz horních končetin[3].

### 3.2 Pneumatické umělé svaly

Základním principem funkce pneumatického umělého svalu je změna tvaru a rozměrů působením tlaku. Konstrukce se skládá z pryžového vaku a opleteného rukávu. Pryž zamezuje únik pracovního plynu a opletení zajišťuje požadovaný průběh deformace umělého svalu. První pneumatické umělé svaly pouze dokázaly měnit svoji délku a šířku[6], dnes už ale existují takové svaly, které mají více komor a podle toho, kam přivádíme vzduch, se dokáží ohýbat. Největší nevýhodou PAM aktuátorů je nutnost mít někde kompresor pro kontinuální operace, což omezuje mobilitu a minimalistiku. Trpí také velkou únavou (10 000 cyklů). Jejich výhodou oproti EAP aktuátorům je větší jednoduchost při instalaci i ovládání[3].

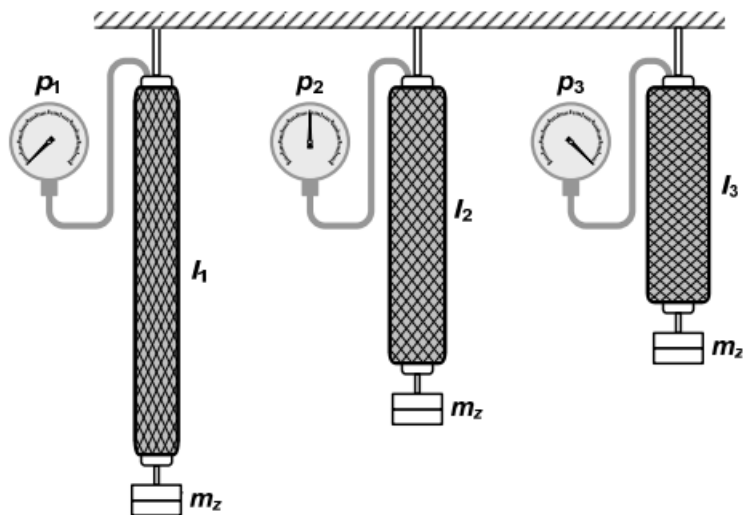


Figure 5: princip pneumatických svalů [6]

## 4 Využití

Aplikace robotů s měkkým povrchem je velmi široká. Můžeme je použít jako klasické manipulační roboty, určené do výrobních linek [3]. Vzhledem k jejich inspiraci z přírody je ale největší využití v medicínském průmyslu. Roboty jsou velmi vhodné pro pacienty trpící například poliemi, jelikož lze vytvořit tzv. weareble robots, který slouží jako pomocný oblek pro asistenci s pohybem. Dále se dají roboty využít na různé protézy pro pacienty, jež přišli o končetinu. Také se vyvíjí autonomní roboty, jenž budou sloužit například při hledání obětí přírodních neštěstí (zemětřesení, laviny) vzhledem k jejich velikosti a schopnostech pohybu[4].

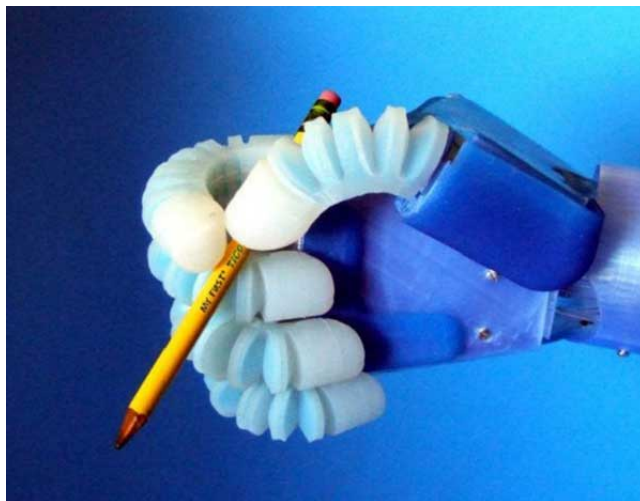


Figure 6: princip pneumatických svalů [9]

## 4.1 Budoucnost

Měkká robotika je zatím relativně nová oblast robotiky, takže se v příštích letech bude nadále vyvíjet. Prostor pro vylepšení je všude, ať už jde o minimalizaci, vytváření nových aktuátorů nebo materiálů. Velkým tématem v této oblasti je také vytváření a zdokonalování ovládacích softwarů.[3]

## 5 Conclusion

V semestrální práci byli shrnuty informace o robotech, úvod do měkké robotiky a inspirace z přírody. Bylo zde provedeno srovnání vlastností konvenčních robotů s měkkými.

Dále zde byla popsána konstrukce měkkých robotů a nejvíce využívané aktuátory, tedy elektroaktivní polymery a pneumatické umělé svaly. Na závěr bylo uvedeno využití v dnešním světě, zejména v medicínském průmyslu a budoucnost vývoje měkkých robotů.

## References

- [1] ANNABESTANI, M., AND FARDMANESH, M. Ionic electro active polymer-based soft actuators and their applications in microfluidic micropumps, microvalves, and micromixers: A review.
- [2] CHEN, A., YIN, R., CAO, L., YUAN, C., DING, H., AND ZHANG, W. Soft robotics: Definition and research issues. In *2017 24th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)* (2017), pp. 366–370.
- [3] D. TRIVEDI, CH. D. RAHM, W. M. K., AND WALKER, I. D. Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research, 2008.
- [4] EL-ATAB, N., MISHRA, R., AL-MODAF, F., JOHARJI, L., ALSHARIF, A., ALAMOUDI, H., DIAZ, M., QAISER, N., AND MUSTAFA, M. Soft actuators for soft robotic applications: A review. *Advanced Intelligent Systems* 2 (08 2020), 2000128.
- [5] GAMBA, J. Návrh řešení vnitřní mechanické konstrukce pro robota s měkkým povrchem, 2018.
- [6] J. PÍTEL, M. BALARA, A. H., AND TÓTHOVÁ, M. Pneumatické umělé svaly: modelovanie, simulácia, riadenie, 2015.
- [7] LANGNAU, L. Silicone material enables the 3d printing of soft robotic grippers.
- [8] LEE, C., KIM, M., KIM, Y., HONG, N., RYU, S., AND KIM, S. Soft robot review. *International Journal of Control, Automation and Systems* 15 (01 2017).
- [9] RASTOGI, N. Soft robotics: Robots featuring biological movements.
- [10] SCHMITT, F., PICCIN, O., BARBÉ, L., AND BAYLE, B. Soft robots manufacturing: A review. *Frontiers in Robotics and AI* 5 (2018).