



PROPOSAL OF ELECTRONICALLY CONTROLLED MOMENT SCREWDRIVER FOR DRAWING SCREWS INTO BONE TISSUE

P. Axman*, Z. Florian*

Summary: *This paper presents the proposal of electronically controlled moment of screwdriver for drawing screws into bone tissue. This equipment will be used in the experimental practice and subsequently in the general practice. This screwdriver will control the revolution speed, torsion moment and angle of the screw.*

1. Úvod

Ve většině odvětví se s nástupem výpočetní techniky a s miniaturizací elektrotechnických součástí dostávají do praxe mnohá zařízení, která umožňují přesnější měření, komfortnější přístup ke zpracování a následnému využití měřených hodnot pro nastavení a regulaci. Mezi tyto zařízení patří i v tomto příspěvku prezentovaný elektronicky řízený momentový šroubovák. Momentový šroubovák bude sloužit v experimentální praxi s následným využitím v klinické praxi ke zjišťování krouticího momentu působícího při dotahování šroubů do kostních tkání. Po ověření se uvažuje s jeho využitím k dotahování šroubů v kostních tkáních s minimalizací rizika přetažení šroubu a následného stržení závitu ve tkáni.

2. Popis činnosti

Celý šroubovák bude řízen pomocí jednočipového mikropočítače Motorola DSP 56F8346, který je vybrán s ohledem na integraci velkého množství periférií použitých při konstrukci řídicí elektroniky momentového šroubováku. DC motor a řídicí elektronika budou napájeny z externího zdroje napájecího napětí 24V DC. Výkonový budič, jeho řízení a elektronika pro snímání krouticího momentu a proudu budou umístěny v těle momentového šroubováku, čímž se dosáhne menšího počtu přívodních kabelů a minimalizace rušivých vlivů vznikajících na přívodních kabelech. Momentový šroubovák bude propojen s řídicím mikropočítačem umístěným v ovládací konzole.

Nastavení parametrů šroubování, tj. rychlosti, krouticího momentu, natočení při dotahování šroubu, se bude provádět pomocí ovládací konzoly, která bude propojena sériovou komunikační linkou s osobním počítačem, ve kterém bude umístěn program, umožňující kromě obdobného nastavení všech uvedených parametrů šroubování, také provádět záznam

* Ing. Petr Axman, Ing. Zdeněk FLORIAN, CSc.: Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky, Vysoké učení technické v Brně; Technická 2896/2; 616 69 Brno; tel: +420 4114 2874; e-mail: axman@umtn.fme.vutbr.cz

všech naměřených hodnot pro pozdější zpracování.

Šroubování šroubu do kostní tkáně bude probíhat následujícím způsobem:

- **nastavení šroubování** - pomocí ovládací konzoly nebo připojeného PC se nastaví parametry šroubování, tj. počáteční rychlost šroubování, maximální povolený krouticí moment a úhel dotažení šroubu po dosažení vypočtené nebo nastavené hranice krouticího momentu.
- **průběh šroubování** - po spuštění motoru je udržována nastavená rychlost šroubování šroubu. Během této činnosti je snímána velikost působícího krouticího momentu, která se dále využívá pro určení horní hranice krouticího momentu, kterým je možné působit a kdy ještě nedošlo ke stržení závitu ve šroubovaném materiálu. Spolu s krouticím momentem je též zaznamenáván průběh proudu motorem a poloha (natočení) šroubu v závislosti na čase.
- **dosažení vypočítané horní hranice krouticího momentu** - pokud došlo k dosažení maximální nastavené hodnoty krouticího momentu nebo dosažení maximální vypočtené hodnoty krouticího momentu, při kterém by došlo ke stržení závitu v kosti, dojde k zastavení motoru a zapojení polohového regulátoru, který zajistí pootočení výstupní hřídele o nastavený úhel.

Po zašroubování šroubu a po jeho dotažení o požadovaný úhel se bude provádět vytrhávací zkouška, během které se bude zjišťovat závislost mezi úhlem přetažení (strženého) šroubu a velikostí vytrhávací síly.

Tyto výsledky budou následně využity pro stanovení maximálních úhlů přetočení šroubů přes maximální krouticí moment působící při dotahování, kdy je ještě zajištěna dostatečná pevnost spojení šroubu a kosti proti vytržení. Těchto výsledků bude následně využito v klinické praxi při upevňování fixátorů na povrchu kosti při pohavarijních operacích.

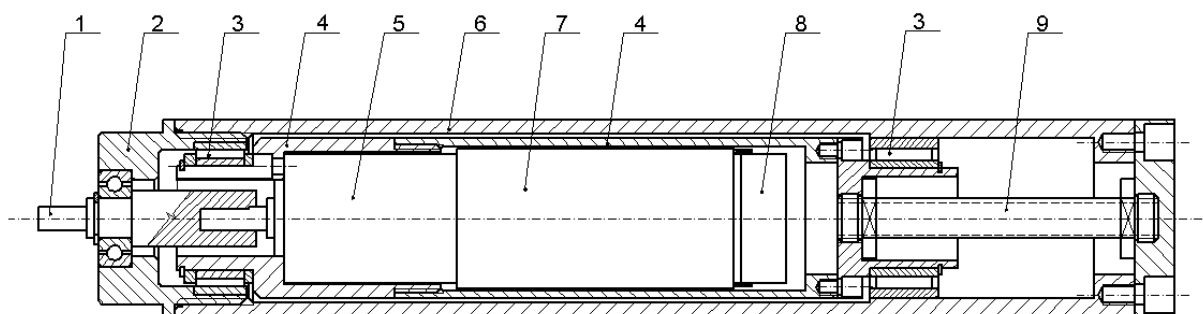
3. Konstrukční řešení

Pro realizaci uvedeného momentového šroubováku byl využit stejnosměrný motor Švýcarské firmy Maxon s planetovou převodovkou 1:60. Tímto se dostala potřebná rychlost otáčení výstupního hřídele a požadovaný krouticí moment, jehož maximální velikost při dotahování šroubu do kostní tkáně je předpokládána ± 5 Nm.

Pro snímání krouticího momentu, pro rychlostní a polohovou regulaci a pro komunikaci s osobním počítačem je použit mikropočítač Motorola DSP 56F8346. Ovládací software je vytvořen pomocí vývojového prostředí Processor Expert a interpretru jazyka „C“ CodeWarrior.

Nastavení a ovládání celého zařízení je možné provádět pomocí osobního počítače nebo prostřednictvím ovládací konzoly, která zároveň slouží jako přípojný bod pro snímače a napájení motoru. Konstrukční návrh momentového šroubováku je zobrazen na obrázku 1.

Motor (7), planetová převodovka (5) a enkodér (8) jsou umístěny ve dvou válcích (4) a (6), které jsou vůči sobě valivě uloženy. Jejich pozice je fixována ve dvou válečkových ložiscích (3) a snímačem krouticího momentu (9). Tímto uložením je zajištěn přenos krouticího momentu z výstupní hřídele (1) až na snímač, který je polepen plným tenzometrickým mostem. Výstupní hřídel je navíc uložena v přírubě (2), jejíž rozměry jsou přizpůsobeny pro uchycení momentového šroubováku do vrtačkového stojanu.



1. výstupní hřídel
2. příruba pro upevnění do stojanu (nalepení plného tenzometrického mostu)
3. upevňovací ložiska (rotační upevnění vnitřního válce)
4. vnitřní válec (upevnění motor)
5. planetová převodovka
6. vnější válec
7. DC motor
8. enkodér
9. měřící těleso

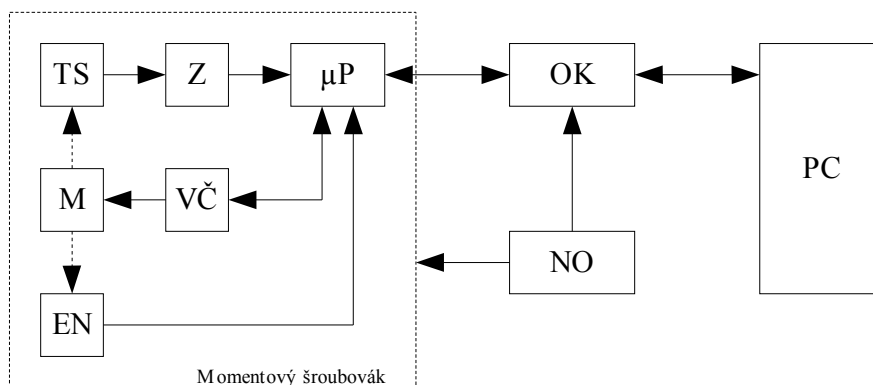
Obrázek 1. Konstrukční řešení elektronicky řízeného momentového šroubováku

4. Blokové schéma zapojení

Celý elektronicky řízený momentový šroubovák se sestává ze tří hlavních částí:

- **momentový šroubovák** zapouzdřujícího motor (**M**), tenzometrický snímač kroučícího momentu (**TS**), zesilovač (**Z**), enkodér (**EN**), výkonový napájecí člen (**VČ**) a mikroprocesor (**μP**) zajišťující řízení celého šroubováku a komunikaci s okolními periferiemi
- **ovládací konzola (OK)** zprostředkávající komunikaci mezi uživatelem, momentovým šroubovákem a osobním počítačem
- **napájecí obvod (NO)** zajišťující napájení pro ovládací konzolu, motor a řídicí elektroniku. Napájecí obvod je umístěn v ovládací konzole.

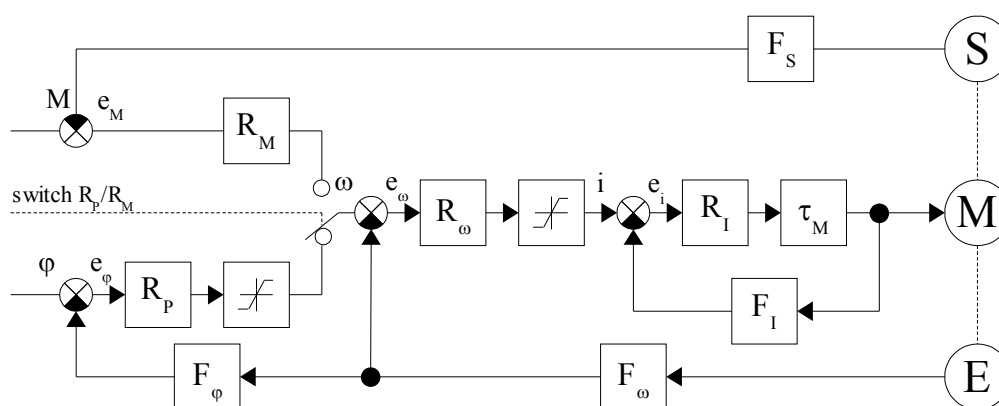
Blokové schéma zapojení je zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2. Blokové schéma zapojení momentového šroubováku

5. Regulační obvod

Regulační obvod se skládá z proudové smyčky (**i**), rychlostní smyčky (ω), polohové smyčky (φ) a momentové smyčky (**M**). Blokové schéma regulačního obvodu je zobrazeno na obrázku 3. Proudová smyčka zajišťuje ochranu motoru proti nadproudu a slouží jako nejrychlejší regulační smyčka pro klidný chod motoru. Rychlostní smyčka je použita pro nastavení maximální rychlosti šroubování šroubů. Polohová smyčka je funkční pouze v poslední fázi šroubování, kde je nutné zajistit otočení šroubu o předem nastavený úhel. Momentová smyčka slouží pouze pro kontrolu velikosti momentu. Momentová smyčka neslouží pro regulaci na konstantní hodnotu kroutícího momentu.



S - tenzometrický snímač

E - digitální enkodér

F_x - přenos snímače

M - motor

R_x - regulátor

τ_M - časová konstanta motoru
a výkonového budiče

Obrázek 3. Blokové schéma regulačního obvodu

6. Závěr

Cílem této práce je navržení elektronicky řízeného momentového šroubováku umožňujícího šroubování šroubů do kostních tkání s minimalizací stržení závitu v kosti. Na základě měření pomocí navrženého zařízení je možné pozdější využití momentového šroubováku a výsledků získaných při experimentálním měření v klinické praxi při práci na operačních sálech.

7. Poděkování

Práce vzniká za podpory projektu MŠMT „Návrh a realizace elektronicky řízeného momentového šroubováku“ č. 1518 a technické podpory firmy UNIS, s.r.o.

8. Literatura

Skalický, J. (1999) Elektrické servopohony, Skripta VUT FEI Brno, PC-DIR Real, Brno
Katalog Maxon motor (2002) High Precision Drives and Systems
Ďudo, S., Kreidl, M. (1996) Senzory a měřicí obvody, ČVUT Praha