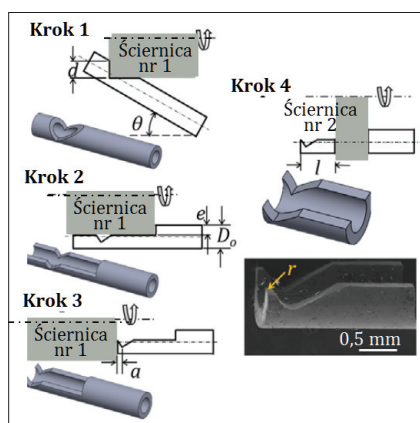


Narzędzie do usuwania skrzepów krwi

Skrzepy krwi zatykające tętnice mogą powodować udary niedokrwienne mózgu. Od 2015 r. standardową procedurą leczenia udarów jest mechaniczne usuwanie skrzepów (trombektomia). W artykule omówiono nową konstrukcję narzędzia do trombektomii i wynik badania jego wykorzystania.

Na rys. 1 przedstawiono sposób wykonania narzędzia do usuwania skrzepów. Materiałem wyjściowym jest rurka ze stali nierdzewnej AISI 316. W pierwszym kroku formowane jest nacięcie – rurka jest nachylona pod kątem $\theta = 30^\circ$ i szlifowana na głębokość $d = 1$ mm z prędkością obrotową 10 000 obr/min. Użyto ściernicy SiC ze spoiwem korundowym nr 1, o średnicy $\varnothing 25,4$ mm i szerokości 3,2 mm. W drugim kroku



Rys. 1. Szlifowanie narzędzia do usuwania skrzepów

rurka jest szlifowana na głębokość $e = 0,5$ mm, kąt nachylenia $\theta = 0^\circ$. Następnie koniec rurki jest skracany, by ukształtować ostrze o wymiarze $a = 0,2$ mm. W czwartym kroku obcina się narzędzie na długość $l = 2,3$ mm z użyciem ściernicy korundowej Al_2O_3 nr 2. Na koniec honuje się krawędzie skrawające w celu uzyskania promienia $r = 40$ μ m.

Na rys. 2 pokazano stanowisko badawcze do pomiaru sił skrawania podczas usuwania skrzepów. Silnik elektryczny napędza wałek o średnicy $\varnothing 0,13$ mm umieszczony wewnątrz cewnika o średnicy wewnętrznej $\varnothing 1,59$ mm i zewnętrznej $\varnothing 3,18$ mm, o długości 1,32 m. Na końcu wałka zamocowano narzędzie.

Separację mieszaniny wiórów skrzepu i wody od wałka uzyskano dzięki zaworowi hemostatycznemu i łącznikowi typu Y. Podciśnienie 70 kPa wytworzono pompą próżniową. Na skrzep działają siły skrawania F_c i F_T oraz siła ssąca F_v . Na ścianki cewnika działa zatem

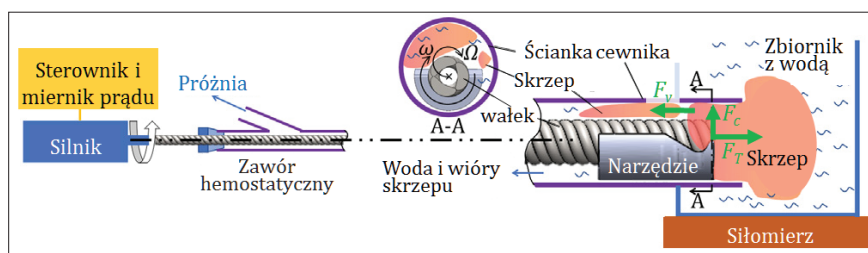
różnica sił $F_T - F_v$, która jest przenoszona na siłomierz pod zbiornikiem wody. Siłę F_v mierzono po włączeniu pompy ssącej, przed rozpoczęciem skrawania. Siłę F_c określono na podstawie pomiarów prądu silnika przy biegu luzem i w czasie skrawania.

Na rys. 3 przedstawiono wyniki pomiaru różnicy sił $F_T - F_v$ oraz wartości średnie wszystkich sił dla trzech prędkości obrotowych. Siła skrawania F_c mocno zależy od prędkości skrawania. Początkowy spadek różnicy sił wynika z siły ssącej. Najniższy punkt, odpowiadający najwyższej sile ssącej, oznaczony czerwonymi kropkami, został wykorzystany do wyznaczenia siły F_v . Praktycznie nie zależy ona od prędkości skrawania i mieści się w zakresie $0,37 \div 0,40$ N.

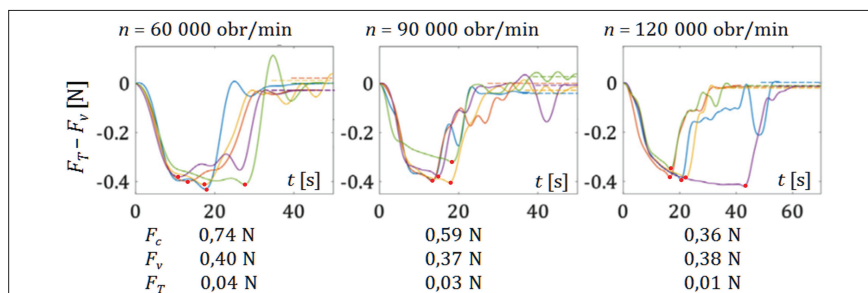
Narzędzie było uruchamiane ok. $20 \div 40$ s po ssaniu, a różnica sił wzrastała do blisko zera we wszystkich testach. Siła ssąca działająca na skrzep jest najniższa w czasie jego usuwania i zmienia się w różnych stadiach obróbki, co widać na rys. 3. Zakładając, że siła ta w skrajnym przypadku może spaść do zera, siła F_T także będzie bliska zera, co pokazano na rys. 3. Mimo że trudno jest przewidzieć dokładną wartość F_v w czasie obróbki skrzepu, badania wykazały, że siła odporowa F_T jest bardzo niska, prawdopodobnie ze względu na ograniczone mocowanie skrzepu. Rozkład sił jest więc wyraźnie inny niż występujący przy obróbce przedmiotów sztywno zamocowanych.

Opracował:

prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak



Rys. 2. Stanowisko badawcze



Rys. 3. Wyniki pomiarów różnicy sił $F_T - F_v$ oraz wartości średnie wszystkich sił

LITERATURA

Liu Y. et al. "Cutting of blood clots – Experiment and smooth particle Galerkin modeling". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 68 (2019): 97–100. ■