

mgr inż. Robert Klaczyński*
dr inż. Mirosław Chłosta*

Innowacyjne urządzenie do obróbki głów pali

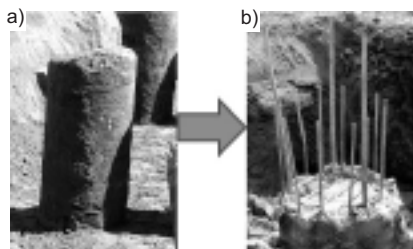
Innovative pile head crushing machine

W Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego (IMBiGS) uruchomiono prace mające na celu zaprojektowanie i wdrożenie nowatorskiego, pierwszego w Polsce, urządzenia do obróbki głów pali betonowych, zbrojonych, średnicy 300 ± 400 mm. Projekt jest odpowiedzią na potrzebę automatyzacji tego procesu.

Konwencjonalna obróbka głów pali

Obróbka głowy pala polega na skróceniu części betonowej pala do żądanej wysokości bez skracania prętów zbrojenia (fotografia 1). W tym procesie wyróżnia się następujące operacje:

- zaznaczenie końcowej wysokości części betonowej pala;
- wstępne nacięcie pala po obwodzie wzdłuż zaznaczonej linii;
- kruszenie górnej części głowy pala;
- kruszenie dolnej części głowy pala, powyżej zaznaczonej linii;
- przycięcie prętów zbrojenia do żądanej wysokości.



Fot. 1. Istota obróbki głowy pala: a) – pal przed obróbką; b) – pal po obróbce [źródło: 7]

Poważnym problemem konwencjonalnej obróbki jest zagrożenie obrażeń ciała pracowników związane z używaniem ręcznej pilarki do nacinania pala, czy młota pneumatycznego do jego kruszenia. Również odłamki betonu podczas kruszenia pala przez osprzęt koparki niosą zagrożenie dla maszyny i pracowników. Ponadto powstające w procesie obróbki odłamki betonu muszą być usunię-

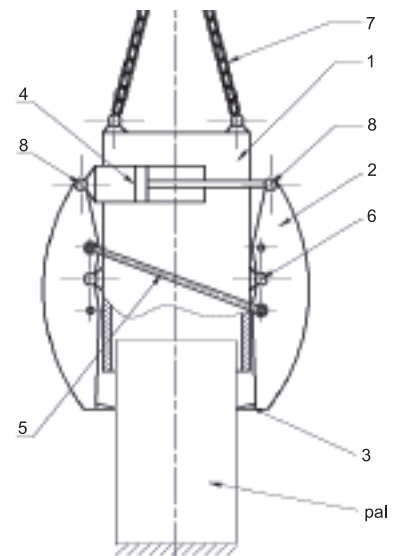
te, co wymaga zaangażowania dodatkowych środków. Związany z używaniem młota pneumatycznego hałas wpływa niekorzystnie zarówno na robotników, jak również na osoby zamieszkałe w pobliżu placu budowy.

W ostatnich latach na świecie podjęto próby wykonania urządzenia do obróbki głów pali. W związku z tym w IMBiGS na potrzeby projektu zgromadzono wszelkie dostępne materiały i opracowania z wynikami badań dotyczących rozwoju tego typu urządzenia, celem wykreowania nowej koncepcji, która podążać będzie za najlepszym sposobem obróbki pali. Zwrócono uwagę przede wszystkim na wysoką wydajność procesu oraz bezpieczeństwo na placu budowy. Dokonano analizy różnych wariantów konstrukcyjnych, z których najlepszym okazał się brytyjski The Cruncher. Urządzenie to ma bowiem prostą konstrukcję, jest bezpieczne, bardzo wydajne i skuteczne oraz jako jedyne z analizowanych nie pozostawia odłamków betonu w miejscu obróbki. Jednak ma istotne ograniczenie, ponieważ może obrabiać wyłącznie pale żelbetowe o przekroju kwadratowym, podczas gdy na potrzeby projektu pożądane jest urządzenie obrabiające pale o przekroju kołowym lub pierścieniowym.

Przebieg procesu projektowania nowego urządzenia

Projekt nowatorskiego urządzenia rozpoczęto od założeń konstrukcyjnych, gdzie uwzględniono m.in. ograniczenia procesu obróbki głowy pala. Następnie wykreowano koncepcję, w której ustalono zasadę działania urządzenia. Przyjęto, że optymalnym rozwiązaniem będzie praca na zasadzie bardzo efektywnego i bezpiecznego The Crunchera. Projektowane urządzenie będzie musiało posiadać taką geometrię, która umożliwi obróbkę powierzchni walcowych pali i nie uszkodzi prętów zbrojenia ułożonych w okrąg wewnątrz pala. Nową koncepcję

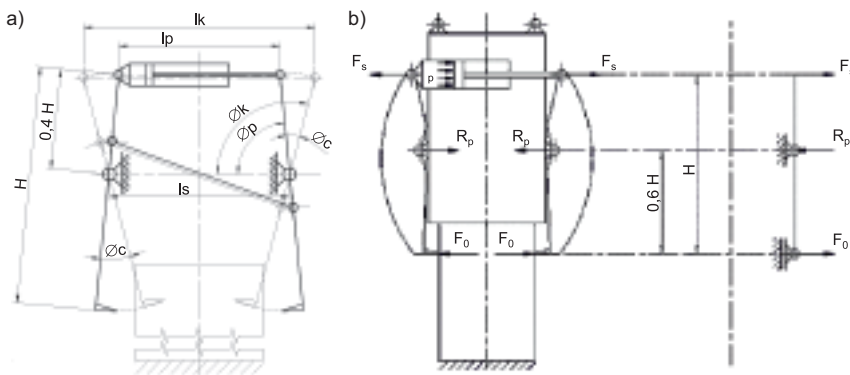
kreowano za pomocą ręcznych rysunków, a w późniejszej fazie za pomocą modeli 3D tworzonych w programie SolidWorks (rysunek 1).



Rys. 1. Koncepcja urządzenia oraz schemat ideologiczny z zaznaczeniem kluczowych elementów: 1 – korpus; 2 – szczęką; 3 – ostrze kruszące; 4 – siłownik hydrauliczny; 5 – ciągnio; 6 – przegub korpusu; 7 – zawieszanie łańcuchowe; 8 – przegub napędu szczęki

Kolejną fazą projektu były obliczenia (rysunek 2). Rozpatrzona została kinematyka urządzenia pod kątem możliwości wykonywania obróbki i jej skuteczności. Ustalono najkorzystniejsze usytuowanie członów kinematycznych i przegubów oraz długość członów kinematycznych tak, aby uzyskać zakres ich ruchu liniowego i kątownego, który umożliwi prawidłowe wykonanie obróbki. W dalszym etapie, wykorzystując PN-EN 1992-1-1:2004+AC:2008, wyznaczono wartość siły niezbędnej do rozkruszenia betonu z pala. Dobrano beton o najwyższej wytrzymałości (C90), celem rozwiązania przypadku największego obciążenia urządzenia. Ustalono optymalne parametry geometryczne ostrzy kruszących. W celu weryfikacji wyniku sporządzono metodą elementów skończonych

* Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego



Rys. 2. Faza obliczeniowa projektu: a) schemat do obliczeń kinematycznych; b) statycznych

numeryczną symulację pęknięcia betonu w palu pod wpływem nacisku ostrej (posługując się modulem programu SolidWorks do analiz wytrzymałościowych i przyjmując model materiałowy betonu wg kryterium Druckera-Pragera).

Po wyznaczeniu wartości siły kruszenia betonu sporządzono schemat statyczny urządzenia celem obliczenia sił w przegubach urządzenia oraz siły, jaka musi napędzić szczęki kruszące. Wyznaczona wartość siły napędzającej posłużyła do doboru siłowników hydraulicznych. Uwzględniając wytrzymałość materiałów oraz współczynnik bezpieczeństwa, dobrano gabaryty poszczególnych komponentów, m.in. przegubu korpusu, przegubu napędu szczęki, grubość blach korpusu i szczęki. Zaprojektowano rozkład i geometrię połączeń spawanych. Elementy podlegające obciążeniu podczas pracy urządzenia zostały poddane analizie metodą elementów skończonych w celu zbadania wartości i rozkładu naprężeń w ich materiale. Wyniki wykazały, że w komponentach istnieją rozległe obszary, które są słabo obciążone i nadają elementowi niepotrzebną masę. Dokonano zatem optymalizacji części, gdzie kryteriami były masa, sztywność i technologiczność. W ten sposób można było zredukować masę urządzenia, a co za tym idzie koszty związane z ilością zużytego materiału. Ponadto zastosowana analiza MES oraz możliwość ręcznej optymalizacji projektu w środowisku CAD/CAM SolidWorks daje znaczną oszczędność czasu w procesie projektowania i pomaga zapobiegać powstawaniu uszkodzeń w czasie wykonywania testów prototypu.

Podczas projektowania urządzenia do obróbki głów pali postawiono na prostotę konstrukcji i łatwość obsługi. Szczególny nacisk został położony na to, by w złożeniu znalazło się jak najwięcej części znormalizowanych. Niesie to ze sobą korzyści – koszty produkcji oraz eksploatacji i napraw urządzenia są obniżone. Efekty pracy nad budową modelu 3D oraz sposób jego działania zostały zaprezentowane na fotografii 2. Najpierw

gólny nacisk został położony na to, by w złożeniu znalazło się jak najwięcej części znormalizowanych. Niesie to ze sobą korzyści – koszty produkcji oraz eksploatacji i napraw urządzenia są obniżone. Efekty pracy nad budową modelu 3D oraz sposób jego działania zostały zaprezentowane na fotografii 2. Najpierw



Fot. 2. Urządzenie do obróbki głów pali podczas pracy

Fot. Autorzy

urządzenie jest opuszczane na pal przy otwartych szczękach. Po obniżeniu urządzenia na żądaną wysokość, do siłowników od strony tłoka dostarczany jest olej hydrauliczny, dzięki czemu siłownik zwiększa długość, powodując ruch zamykania szczęk. Ostrza w zetknięciu z palem kruszą beton, a ich przekrój klinowy dodatkowo wywołuje siłę odrywającą fragment pala ku górze. Po zamknięciu szczęk operator unosi urządzenie, wrywając porcję betonu z pala. Odłamki betonu zostają zatrzymane w korpusie i szczękach, dzięki czemu można przetransportować urobek w wyznaczone miejsce.

Po zakończeniu fazy projektowej i optymalizacji projektu sporządzona została dokumentacja konstrukcyjna, która posłuży do wykonania prototypu. Faza badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych nad prototypem będzie następną we wdrożeniu nowo opracowanego urządzenia. Wówczas będzie możliwa realna ocena, czy urządzenie spełnia dane mu założenia.

Abstract

Work is aimed at designing and implementing the innovative device for pile head trimming. This very first device of this type created in Poland is meant to work with reinforced concrete piles with 300 – 400 mm diameter and will be mounted on excavator's arm. Studies were set due to high demand of automation of piles heads trimming. The pile head trimming work consists of crushing a concrete part from a pile to required height and the reinforcement bars should remain untreated. These days this work is laborious and consists of many operations. Also huge problem is the hazard of injury of participating workers. Because there are many piles on construction site and each of them need the same treatment, the device, which can handle this job efficiently and safely, is required. Users of the device will be construction companies. Some of them have already notified the demand of using the device.

Literatura

[1] Dudczak A.: *Koparki. Teoria i projektowanie*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.
 [2] Gwizdała K.: *Fundamenty palowe: technologie i obliczenia*. T. 1. Warszawa, PWN, 2010.
 [3] Kurmaz W. Leonid, Kurmaz L. Oleg: *Projektowanie węzłów i części maszyn*. Kielce, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.
 [4] Skarbiński M., Skarbiński J.: *Technologiczność konstrukcji maszyn*. Warszawa, WNT, 1982.
 [5] Tejchman A., Dembicki E.: *Wybrane zagadnienia fundamentowania budowli hydrotechnicznych*. Warszawa, PWN, 1981.
 [6] *Poradnik inżyniera, część 1. Spawalnictwo*. Pod red. Jana Pilarczyka. Warszawa, WNT, 2003.
 [7] Young S. Kima, Jun B. Leeb, Sung-Keun Kimc: *Development of an automated machine for PHC pile head grinding and crushing work*. Department of Architectural Engineering. South Korea, Inha University, 2010.
 [8] PN-84/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
 [9] PN-EN 1992-1-1:2004+AC:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
 [10] De Waal: *Opis technologii pali przemieszczeniowych SDP, FDP, kolumn CMC; Opis technologii pali CFA* [dostęp: kwiecień 2011]. Dostępny: <http://www.dewaal.pl/pale.html>.
 [11] Polskie Zrzeszenie Wykonawców Fundamentów Specjalnych, *SPECYFIKACJA TECHNICZNA, Prefabrykowane żelbetowe pale wbijane* [dostęp: marzec 2011]. Dostępny: <http://www.pzwfs.com/pl/>
 [12] Varshitha Concrete Technologies Pvt. Ltd., *PILE BREAKING*, [dostęp: czerwiec 2011]. Dostępny: <http://www.varshitha.net/Pilebreaking.html>
 [13] De Waal: *Opis technologii pali przemieszczeniowych SDP, FDP, kolumn CMC; Opis technologii pali CFA*, www.dewaal.pl/pale.html