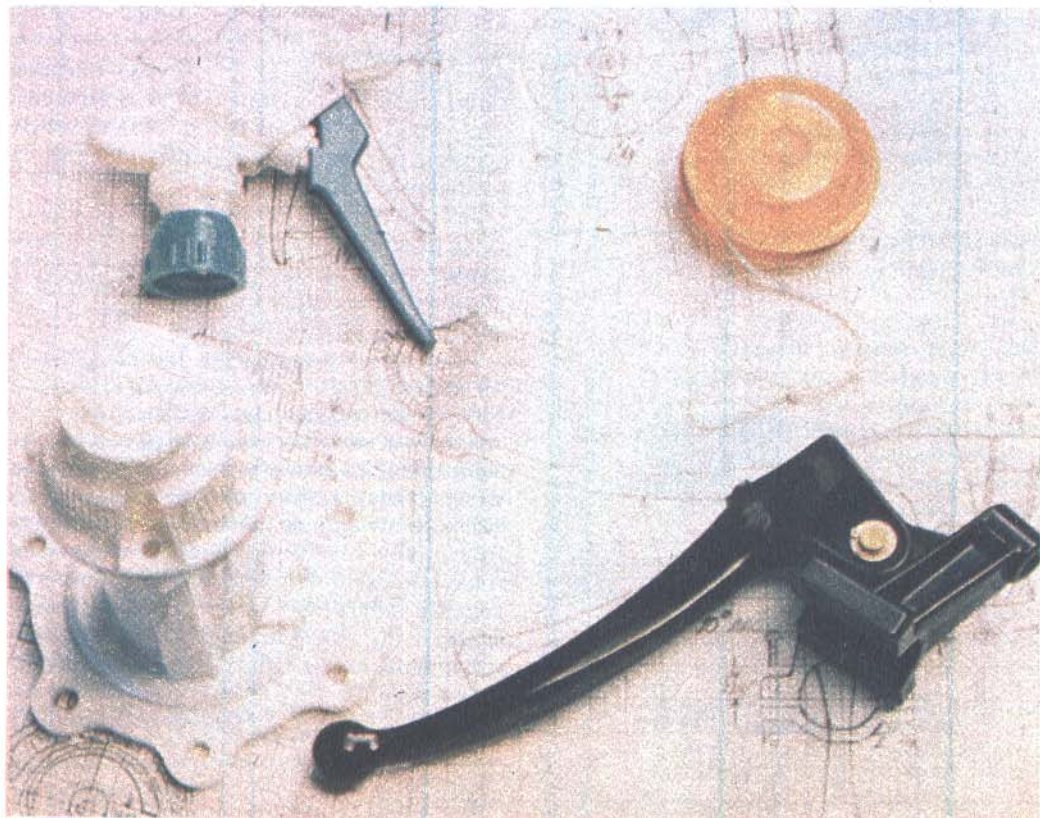


Cięcie, wiercenie i polerowanie

Najczęstszą operacją obróbki jakiegokolwiek materiałów w warsztacie majsterkowicza jest cięcie – dzielenie materiału na kawałki, z których później montujemy gotowy wyrób. Stare przysłowie krawców powiada: „trzy razy zmierz, zanim raz utniesz”. To samo dotyczy każdego z nas. W każdym przypadku zaczynamy od narysowania projektu. Najpierw projekt ogólny całego urządzenia, a potem projekt wszystkich części składowych tego urządzenia. Rysunki można wykonać bardzo dokładnie lub w formie najprostszyc szkiców, ołówkiem odręcznie. Bez względu jednak na sposób wykonania rysunków, w jednym musimy być bardzo dokładni. Przeoczenie, pomyłka lub jakakolwiek niedokładność może być przyczyną straty materiału i straty czasu zużytego na wykonanie jednej a czasem nawet kilku części. Mowa oczywiście o wymiarowaniu.

Szczegółowo trzeba ustalić, która część z którą współpracuje, które wymiary elementów różnych części muszą być identyczne, który kolek w jaki wchodzi otwór, itp., itd. Kolejna czynność to przeniesienie wymiarów z rysunku na materiał. Gdy mamy odciąć określonej długości pręt lub rurkę, sprawa jest prosta. Wystarczy odmierzyć tę długość, zaznaczyć miękkim ołówkiem grafitowym lub kolorową kredką i odciąć. Gorzej gdy mamy wyciąć np. z płyty profil o skomplikowanym kształcie. W tym przypadku konieczne jest naniesienie rysunku części bezpośrednio na przeznaczoną do cięcia płytę i to rysunku zgodnego w kształcie i wymiarach z żądanym kształtem półwyrobu. Ścisłej – niezupełnie zgodnym. Każde cięcie, zwłaszcza ręczne, w warsztacie nie wyposażonym w maszyny do obróbki może być cięciem po linii krzywej. We wszystkich

Rys. 1. Przed przystąpieniem do wykonania koniecznie trzeba narysować projekt wyrobu i rysunki wykonawcze części



przypadkach, nawet przy cięciu maszynowym, powierzchnia odcięta będzie powierzchnią niegładką, z wyraźnymi śladami zębów piły. Z tego względu, zwłaszcza gdy zależy nam na „idealnym” pasowaniu jednej części z drugą lub na estetycznym wyglądzie naszego wyrobu, obrys wycinanego kształtu należy powiększyć o pewną wartość, którą potem zeszlifujemy aż dożądanego końcowego wymiaru.

Można też inaczej. Rysunek nanoszony na przeznaczonym do cięcia materiale wykonujemy zgodnie z wymiarami ustalonymi w projekcie, a przecinamy lub wycinamy obok naniesionej linii, pozostawiając niezbędny naddatek na obróbkę wykańczającą. Wielkość tego naddatku każdy majsterkowicz musi ustalić sam dla siebie w zależności od narzędzi jakimi dysponuje i od własnych umiejętności. Im mniejszy naddatek, tym mniej pracochłonnej obróbki wykańczającej ale tym większe niebezpieczeństwo zepsucia, wyrzucenia materiału.

Sposób naniesienia rysunku i wymiarów na przeznaczony do obróbki materiał (przez techników nazywany trasowaniem) zależy od rodzaju obrabianego materiału. Na tworzywach sztucznych twardych jak szkło organiczne (polimetakrylan metylu – PMMA) lub na tworzywach o ciemnych barwach jak polichlorek winylu (PCW) najłatwiej i najwygodniej nanosić rysunek twardym, ostrym rysikiem. Może to być sztydło szewskie, dobrze zastrzony pręt z twardej stali lub długa, gruba igła tapicerska. Rysik taki można wykonać samemu, np. z niewielkiego, trójkątnego lub okrągłego pilniczka (igłaka) po osadzeniu go w trzonku wykonanym z drewna lub z tworzywa sztucznego. Warto, gdyż przyda się nie tylko do trasowania. Gdy tworzywo jest miękkie, białe lub rysik z innych powodów nie pozostawia widocznych śladów, rysunek наносimy bardzo miękkim grafitowym ołówkiem (B₃ do B₅), czarną tłustą kredką, np. kredką do brwi lub w ostateczności długopisem. Gdy rysunek jest naniesiony zaczynamy cięcie.

Pozornie sprawa wydaje się prosta. Cięcie tworzyw sztucznych powinno przebiegać identycznie jak cięcie drewna czy metalu. Najogólniej mówiąc jest to prawda. Do obróbki tworzyw sztucznych, nie tylko do cięcia, stosujemy w zasadzie takie same narzędzia jak do obróbki drewna i metali ale ...

metali miękkich, jak stopy aluminium. Narzędzia te mają inne wartości kątów natarcia, kątów zaostżenia itp. Można więc stosować piły, pilniki, strugi do gładzenia drewna, skrobaki, żłobniki, noże do toczenia, wiertła itd. Często jednak obróbka tworzyw sztucznych jest trudniejsza niż obróbka drewna czy metalu.

W poprzednim numerze „MT” mówiliśmy o własnościach tworzyw sztucznych, a w jednym miejscu świadomie podkreśliłem różną niż u metalu przewodność cieplną. Jeśli przeliczymy dane zawarte w tabeli własności tworzyw to okaże się, że zdolność do odprowadzania ciepła powstającego podczas tarcia narzędzia o przecinany lub wiercony materiał jest w przypadku PCW 400 razy mniejsza niż dla stali i aż 1000 razy mniejsza niż dla stopów Al. Dla tworzyw o najlepszej zdolności odprowadzania ciepła liczby te są znacznie mniejsze ale jeszcze bardzo duże (150 i 400 razy). Wynika stąd pierwsza ważna wskazówka. Przy skrawaniu tworzyw sztucznych należy stosować możliwie największe szybkości skrawania, możliwie najwyższe obroty.

Drugim utrudnieniem przy obróbce tworzyw sztucznych jest inna ich właściwość – niska temperatura mięknienia, a nawet topnienia. W wielu przypadkach powoduje to zacieranie się narzędzi skrawających, zatykanie rowków w wiertłach a nawet ponowne przylepianie się wiórów, np. podczas toczenia, do obrabianego materiału. Z tego względu konieczne jest stosowanie kilku równoczesnych działań. Pierwsze to chłodzenie. W wielu przypadkach wystarcza nasmarowanie narzędzi olejem (polistyren, poliamid, polietylen, polipropylen). Zwiększa to intensywność chłodzenia a równocześnie zmniejsza tarcie między narzędziem a tworzywem sztucznym. Często, zwłaszcza podczas polerowania, można chłodzić zwykłą wodą (polerowanie proszkami z wodą) lub wodą z mydłem. Jedynym wyjątkiem jest PCW. Podczas jego obróbki wydzielają się niewielkie ilości chlorowodoru, a jeśli zastosujemy chłodzenie wodą, chlorowódór nie ulatuje w powietrze lecz wiąże się z cieczą chłodzącą tworząc rozcieńczony roztwór kwasu solnego, który powoduje intensywną korozję narzędzi. Z tego względu podczas obróbki PCW chłodzić powinniśmy sprężonym powietrzem (np. zwykłą suszarką do włosów

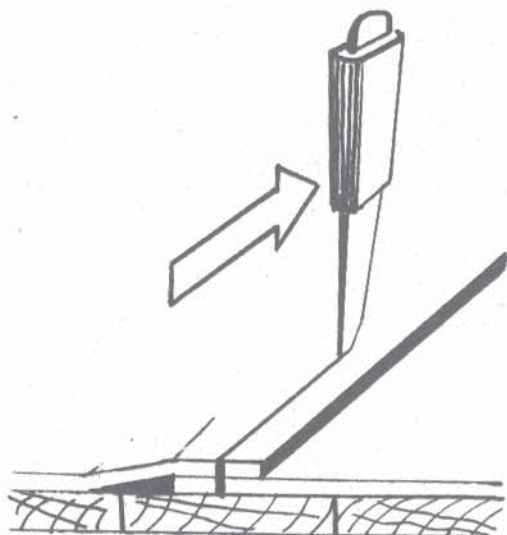
z wyłączoną spiralą grzejną). Chłodzenie sprężonym powietrzem stosować można również podczas obróbki innych tworzyw, a szczególnie polimetakrylanu metylu i poliamidu. W tym przypadku, prócz chłodzenia uzyskujemy dodatkowy efekt wydmuchiwania wiórów, co zmniejsza tarcie i zapobiega ich przyklejaniu się do narzędzi i obrabianego przedmiotu. Inny sposób zabezpieczenia przed przyklepaniem się wiórów do obrabianego materiału, szczególnie podczas toczenia i frezowania to stosowanie równocześnie z dużymi szybkościami skrawania – dużych posuwów. Ułatwia to kruche oddzielanie wiórów szybko odpadających od obrabianego materiału.

Cechą właściwą niektórych tworzyw jest również ich miękkość, łatwość zarysowania powierzchni o nierówności stołu lub niewidoczne ziarna kwarcu czy metalowe opiłki. Szczególnie podatny na zarysowanie jest polimetakrylan metylu. Podczas jego obróbki, stół lub płytę piły mechanicznej należy pokryć miękką, czystą tkaniną, w miarę możliwości o ciemnej barwie – ułatwia to widzenie naniesionych rysikiem linii traserskich, które są wyraźnie białe na tle przezroczystego jako szkło PMMA.

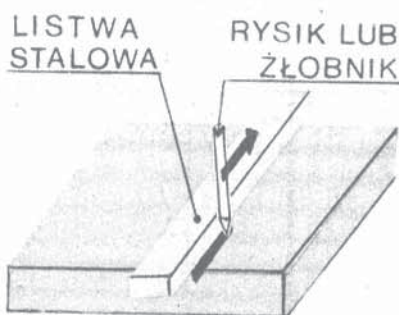
Wszystko, co powiedziano to ogólna wiedza dotycząca obróbki tworzyw sztucznych, wiedza ważna, wynikająca z cech i własności tworzyw, a przecież własności materiału narzucają warunki jego obróbki. Dla każdego z nas ważne są jednak również wskazania szczegółowe, dotyczące poszczególnych operacji obróbki.

Cięcie

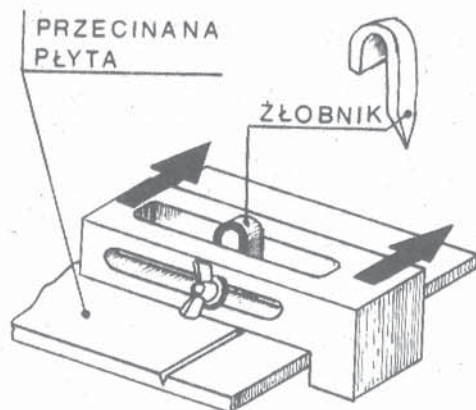
Cienkie folie z tworzyw sztucznych można ciąć nożyczkami, cienkie płyty nożycami udarowymi, popularnie zwanymi gilotyną. Warunkiem dokładnego, gładkiego cięcia jest ściśle przyleganie noży gilotyny, brak luzów i dostateczna ostrość. Gładką powierzchnię cięcia gilotyną można uzyskać przy cięciach twardych płyt z PCW o grubości do 2 mm oraz z polipropylenu o grubości do 4 a nawet 5 mm. Przy cięciu innych tworzyw gilotyną uzyskanie gładkich powierzchni jest dość trudne. Płyty i rury z polietylenu, miękkiego PCW i polipropylenu można ciąć przy użyciu zwykłego noża, przy czym cięcie polietylenu ułatwia podgrzanie ostrza. Gdy



Rys. 2. Wspólne cięcie dwóch kawałków tworzywa



Rys. 3. Schemat cięcia żłobnikiem

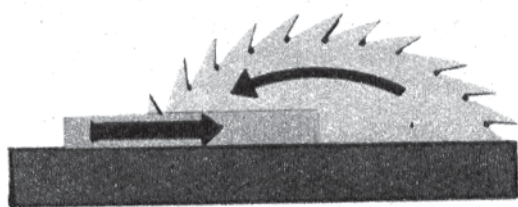


Rys. 4. Budowa przyrządu do cięcia żłobnikiem

zależy nam na ścisłym dopasowaniu linii cięcia dwóch kawałków tworzywa, cięcie nożem można przeprowadzić w sposób pokazany na rysunku 2.

Zamiast nożem, wygodniej jest przecinać, zwłaszcza płyty z twardego PCW lub polistyrenu tzw. żłobnikiem – ostrym narzędziem, które można wykonać przez zamocowanie ostro zaostrzonego stalowego pręta w wygodnym uchwycie. Żłobnik przesuwany po powierzchni ciętej płyty, wzdłuż stalowej linii, w sposób pokazany na rysunku 3, zagłębia się w płycie na pewną głębokość, a wielokrotne przesuwanie zapewnia przecięcie płyty na całej grubości. Budowę specjalnego przyrządu do cięcia żłobnikiem pokazano na rysunku 4.

Jak pamiętamy z poprzedniego numeru „MT” dwa tworzywa: polimetakrylan metylu i polipropylen są czułe na działanie karbu – można więc ciąć je podobnie jak szkło. W tym celu należy z obu stron płyty wykonać żłobnikiem, a w przypadku cienkich płyt – rysikiem, rowki o głębokości co najmniej 1/3 grubości płyty i oddzielić obie części przez odłamanie. Wbrew pozorom, odcinanie żłobnikiem lub łamanie płyt po wykonaniu dwustronnych nacięć wymaga znacznie mniejszego wysiłku niż przerzynanie piłą.



Rys. 5. Ustawienie zębów piły tarczowej w stosunku do kierunków obrotu i kierunku cięcia

Do przerzynania można używać pił do cięcia metalu lub drewna. Cięcie maszynowe można wykonać piłami tarczowymi lub taśmowymi. Podczas cięcia maszynowego, cięty materiał powinien być silnie dociskany do stołu. Jakikolwiek drgania lub wibracje materiału mogą być przyczyną wyszczerbienia lub nawet pęknięcia materiału w linii cięcia. Najkorzystniejsza prędkość skrawania piłami tarczowymi wynosi około 2000 – 2500 m/min. (przy 2000 obr./min. – średnica

tarczy 350 mm, a przy 3000 obr./min. – 250 mm) a piłami taśmowymi 1000 do 15000 m/min. Podczas cięcia piłą tarczową twardego tworzywa, jak PCW, korzystniejsze jest takie zamocowanie tarczy, przy którym zęby obracają się w kierunku przeciwnym do kierunku cięcia drewna – rys. 5. Zapobiega to wykruszaniu się tworzywa i zapewnia większą gładkość powierzchni cięcia.

Wyglądanie powierzchni cięcia

Do wygładzania używać można pilników – zdzieraków do drewna, ostrych, głęboko naciętych pilników do metalu, strugów stolarskich lub papieru ściernego. Przy obróbce niektórych tworzyw, np. poliamidu, gdy wygładzenie pilnikiem jest bardzo utrudnione, konieczne jest stosowanie frezów mocowanych w szybkoobrotowej wiertarce. Frezami stożkowymi, osadzonymi w giętym wałku można frezować również rowki spawalnicze lub wzory na powierzchni tworzywa.

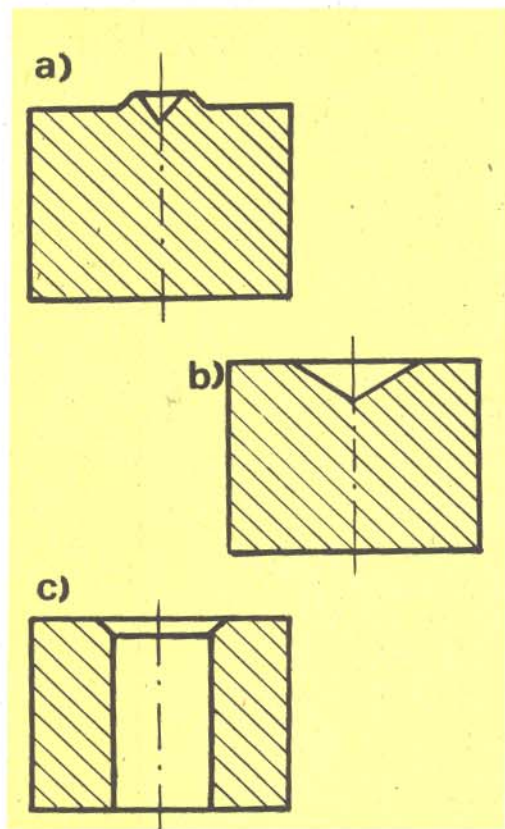
Podczas szlifowania papierami ściernymi, zwłaszcza przy użyciu narzędzi mechanicznych, nie można stosować zbyt silnego docisku, gdyż prowadzi to do przegrzania szlifowanej powierzchni i pogorszenia jej gładkości. Miękkie tworzywa, m.in. zmiękzone PCW wygładzić można zwykłą tarczą filcową bez dodatku ścierniwa, osadzoną np. w uchwycie wiertarki.

Wiercenie otworów

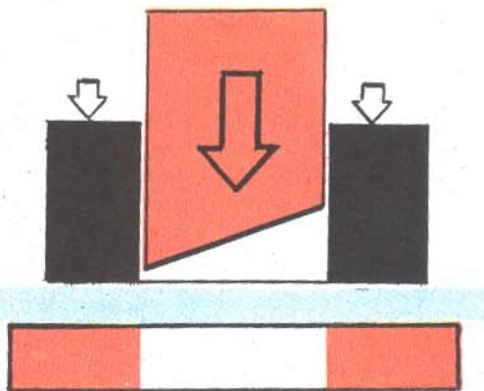
Warunkiem wykonania dokładnych i gładkich otworów w tworzywach sztucznych jest używanie... lekko stępionych narzędzi oraz bardzo intensywnego chłodzenia sprężonym powietrzem. Jeżeli wiertło powoduje strzępienie powierzchni wierzonego otworu, a wiertarka nie wykazuje luzów, tzw. bicia, to znak, że wiertło jest zbyt silnie zaostrome, należy je lekko stępić np. przez przeciągnięcie po osęcie. Najlepsze wyniki uzyskuje się przy wierceniu możliwie dużymi obrotami przy bardzo małej szybkości zagłębiania się wiertła w materiał – około 0,05 mm na jeden obrót. Przed rozpoczęciem wiercenia powinno się wykonać możliwie głębokie punktowanie dobrze zaostromym punktakiem. Przy wierceniu otworów w tworzywach o grubości większej niż 15

mm celowe jest nawiercanie wstępne wiertłem o większej średnicy niż wykonywany otwór (rys. 6).

Do wiercenia otworów w tworzywach sztucznych można używać zwykłych wiertel do metalu. Lepsze są jednak specjalne wiert-



Rys. 6. a) punktowanie, b) nawiercanie, c) wiercenie



Rys. 7. Pochylenie krawędzi tnącej wykrojnika

ła do tworzyw sztucznych o bardziej stromych krawędziach (mniej zwojów spiralnych na tej samej długości) a najlepsze wyniki uzyskuje się przez wstępne wiercenie frezami stożkowymi otworów o mniejszej średnicy i następnego rozwiercanie.

Otworki o średnicach większych od posiadanych wiertel można wykonać dwiema metodami: przy użyciu wiertarki i specjalnych narzędzi lub przez wycinanie wykrojnikami. W pierwszym przypadku stosować można używane w obróbce drewna piły dzwonowe lub noże nastawne, w drugim, krawędzie tnące wykrojników powinny być doskonale zastrzone a ostrze tnące powinno być pochylone tak, aby zagłębiało się w wycinany materiał od jednej strony, jak na rys. 7. Sposób najprostszy, łatwy do zastosowania w warsztacie każdego majsterkowicza to wycinanie żłobnikiem zamocowanym w uchwycie o kształcie cyrkla, którego nóżkę (oś obrotu dla żłobnika) wstawia się w otwór wywiercony w osi wycinanego krążka.

Polerowanie

Oczekiwany efekt wygładzenia, wybliszczenia powierzchni tworzyw sztucznych przez polerowanie można osiągnąć tylko na powierzchniach uprzednio dokładnie oszlifowanych, bez głębszych rys czy zacięć. W przeciwnym razie uzyskamy efekt odwrotny, na wypolerowanych powierzchniach w jeszcze większym stopniu ujawnią się błędy i uszkodzenia mało widoczne przed polerowaniem.

Cechą właściwą większości tworzyw jest zdolność gromadzenia się na ich powierzchni powstających w warunkach tarcia ładunków elektrostatycznych, a w konsekwencji przyciąganie cząsteczek pyłu, kurzu, a nawet większych wiórków, co utrudnia proces polerowania. Pewną poprawę można uzyskać przez ułożenie polerowanego materiału na uziemionej podkładce dobrze przewodzącej elektryczność. Po zakończeniu polerowania można gotowe już elementy, lub wykonane wyroby, spryskać spotykany czasem w handlu specjalnym środkiem, produkowanym w NRD o nazwie „Antistatikum spray” lub w ostateczności przetrzeć polskim płynem „K” lub „Ren” przeznaczonym w zasadzie do płukania tkanin z tworzyw sztucznych.

Do polerowania można używać tarcz filcowych, wielowarstwowych tarcz płóciennych lub flanelowych osadzonych w wiertarce lub na wałku szlifierki, lub kawałków filcu czy flaneli przy polerowaniu ręcznym. Przyspiesza proces polerowania stosowanie past polerowniczych, past do mycia zębów lub kredy naniesionej bezpośrednio na zmoczony filc lub flanelę. Przy polerowaniu mechanicznym należy zwracać uwagę na możliwość przegrzania szczególnie tworzyw o niskiej temperaturze mięknięcia, jak polistyren, polimetakrylan metylu i PCW. Korzystne jest szybkie przesuwanie polerowanej części względem tarczy polerującej i stosowanie chłodzenia sprężonym powietrzem lub cienką warstwą wody.

Obróbka tworzyw spienionych

Odrębnego omówienia wymaga obróbka tworzyw spienionych. Wśród nich wyróżniamy dwie zasadniczo różne odmiany – tworzywa piankowe – miękkie, elastyczne jak gąbki, np. pianki poliuretanowe i stosunkowo twardy styropian (spieniony polistyren). Tworzyw piankowych w zasadzie obrabiać nie można. Jedynym sposobem obróbki jest ich cięcie, możliwie ostrym i lekko ogrzanym nożem. Cięcie wzdłuż linii prostych ułatwia ułożenie tworzywa piankowego na twardej powierzchni i silne dociśnięcie pianki do tej powierzchni listwą, wzdłuż której prowadzony jest nóż tnący. Im pianka jest silniej ściśnięta tym łatwiejsze cięcie.

Styropian uzyskany przez spienienie polistyrenu ma bardzo małą gęstość – rzędu 0,02 do 0,045 g/cm³, jest więc tworzywem bardzo lekkim a równocześnie wykazuje stosunkowo dużą wytrzymałość na ściskanie (0,08 do 0,5 MPa). Podobnie jak polistyren jest odporny na działanie kwasów i ługów technicznych, a ze względu na swą komórkową budowę jest doskonałym izolatorem ciepła. Bardzo łatwy w obróbce i klejeniu, może być doskonałym materiałem do budowy najbardziej skomplikowanych modeli, komór termicznych a nawet elementów dekoracyjnych.

Styropian daje się przecinać, toczyć, frezować, szlifować itp. znacznie łatwiej niż drewno i wszystkie tworzywa sztuczne nie spienione. Ze względu na budowę styropia-

nu i możliwość wykruszania się poszczególnych ziaren, prędkość skrawania styropianu powinna być możliwie największa a narzędzia bardzo ostre. Narzędzia do obróbki styropianu można wykonać we własnym zakresie z blachy aluminiowej o grubości 5 do 8 mm. Zastosowanie blachy aluminiowej ułatwia kształtowanie profilów i wyokrąglenia. Do wiercenia w styropianie można stosować zwykłe, dobrze zaostrome wiertła do metalu lub wiertła wykonane we własnym zakresie z blachy aluminiowej na wzór wiertel piórkowych. Do przecinania można stosować piły ręczne o bardzo drobnych zębach, piłki włosowe (tzw. wyrzynarki), zwykłe noże, ewentualnie uzębione noże do chleba. Najwygodniej jednak ciąć styropian rozgrzanym drutem co ułatwia cięcie po dowolnie krzywej linii.

Urządzenie do cięcia drutem można wykonać we własnym zakresie i to w dwóch wersjach. Łatwiejsza, to zamocowanie cienkiego drutu, w miarę możliwości z metalu żaroodpornego w piłce wyrzynarce, między sprężynującymi ramionami piłki i jego okresowe nagrzewanie w płomieniu palnika gazowego (np. kuchenki gazowej). Bardziej skomplikowane – to wykonanie elementu tnącego z drutu oporowego, np. chromowo-niklowego o średnicy około 0,6 mm. Również w tym przypadku drut mocujemy, oczywiście z zastosowaniem porcelanowych izolatorów, w uchwycie piłki wyrzynarki lub wykonanej we własnym zakresie sprężynującej ramki w kształcie litery U. Do końców drutu oporowego mocujemy elastyczne przewody prądowe, włączane w obwód prądu o napięciu 6 do 24 woltów. Źródłem zasilania może być transformator sieciowy, akumulator samochodowy lub połączony w odpowiedni sposób zestaw baterii elektrycznych.

Jako narzędzia do szlifowania styropianu można stosować dowolnie wyprofilowane wrzeciona mocowane w wiertarce i oklejone papierem ściernym. Mimo szlifowania powierzchnia styropianu jest porowata, co wynika z jego budowy, która jest efektem procesu spieniania. W celu uzyskania wymaganej gładkości pory te należy wypełnić kitem składającym się z mieszaniny kleju i opiłek styropianu pozostających po szlifowaniu, a po wyschnięciu ponownie oszlifować, ale tylko wierzchnią warstwę.

Krzysztof Błaszowski