Wytrzymałość profili stosowanych do produkcji kratek maskujących grzejniki podłogowe

Paweł Lonkwic, Ireneusz Usydus, Norbert Włosek*

Wytrzymałość elementów wykończeniowych produktów konsumenckich jest bardzo ważnym aspektem techniczno-ekonomicznym w otaczającym nas świecie. Z jednej strony producenci chcąc zaoszczędzić na kosztach zakupu materiałów, stosują materiały na granicy ich wytrzymałości, z drugiej strony ważny jest element estetyki. Dlatego często zadawane jest pytanie: jak długo można użytkować produkt bez utraty tych cech?

Kratki grzejników podłogowych poddawane są obciążeniom wynikającym głównie z dwóch przyczyn: obciążeniom pochodzącym od człowieka oraz obciążeniom udarnościowym od spadających elementów na kratkę. Analizie poddano kratki wykonane z profili o czterech typach przekrojów poprzecznych: trzech wykonanych ze stopu aluminium 6060 oraz czwarty, o przekroju prostokątnym wykonany z drewna. Symulacje obciążeniowe wykonano na maszynie wytrzymałościowej typu HT-2402s z użyciem systemu do pomiarów fotogrametrycznych Pontos.

Wstęp

Grzejniki podłogowe (kanałowe) zostały opracowane w odpowiedzi na zapotrzebowanie rynku. Najskuteczniejszą metozdą ogrzewania jest umieszczenie grzejnika w miejscu najchłodniejszym czyli zazwyczaj pod oknem. W przypadku kiedy duża część ściany jest przeszklona montaż grzejnika naściennego jest niemożliwy. Istnieje wówczas możliwość montażu go do podłogi, stosując grzejnik stojący, lecz w wielu przypadkach jest to nie do zaakceptowania.

Wychodząc naprzeciw opisanym powyżej problemom, opracowano typoszereg grzejników podłogowych, nazywanych kanałowymi. Grzejnik taki jest montowany we wnęce podłogi, więc nie ogranicza przestrzeni w pomieszczeniu, a gdy część przeszklonej ściany stanowią drzwi prowadzące na taras lub do ogrodu, nie utrudnia on komunikacji. Jednocześnie dostarcza ciepło dokładnie tam, gdzie jest ono najbardziej potrzebne, czyli w okolice ściany zewnętrznej, bo tam są największe straty [2].

W związku z powyższym, stosowane na rynku grzejniki podłogowe oprócz aspektu estetycznego muszą spełniać wymagania wytrzymałościowe, rys. 1. Jest to podyktowane tym, że montaż tego typu grzejników pozwala na obciążanie kratki maskującej nie tylko na skutek przemieszczania się osób, ale również na skutek najazdu, np.: kołem samochodu

Rys. 1. Przykład grzejnika podłogowego wraz z kratką maskującą [2]

w przypadku zamontowania grzejników tego typu w salonie samochodowym lub na skutek upadających przedmiotów.

Obecnie oferowane kratki maskujące wykonywane są z drewna o przekroju prostokątnym lub profili aluminiowych o przekrojach: zamkniętych, dwuteowych lub specjalnych

* dr inż. P. Lonkwic, mgr inż. I. Usydus, mgr inż. N. Włosek, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Centrum Studiów Inżynierskich

przewidzianych dla określonych produktów. W związku z powyższym, profile stosowane do produkcji kratek oprócz funkcji dekoracyjnej muszą spełniać wymagania wytrzymałościowe. Zagadnienia wytrzymałości poruszane są przez wielu Autorów i obejmują bardzo szerokie ich spektrum [3, 4, 5]. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano wyniki analizy wytrzymałościowej kratek handlowych wykonanych w różnych konfiguracjach materiałowo-geometrycznych. Kratki zostały poddane obciążeniu 1500 N, a przyjęta wartość stanowi 1,5-krotną obciążenia eksploatacyjnego.

Opis badań doświadczalnych

Badania wytrzymałościowe polegały na wykonaniu pomiarów ugięcia kratek pokazanych na rys. 2. Kratki poddane badaniom, o wymiarach zewnętrznych 400×1000 mm, zostały wykonane zgodnie z technologią producenta. Do badań wytypowano kratki z profilami ułożonymi poprzecznie – oznaczono je numerami 1 do 5 oraz wzdłużnie – kratka nr 6. Dodatkowo w celu poznania charakteru pracy poszczególnych profili w kratkach, kratki o numerach od 1 do 3 oraz 5 zostały wykonane jako kratki elastyczne, tzn. poszczególne szczeble były powiązane ze sobą za pomocą sprężyny naciągowej, a między szczeblami umieszczone zostały tuleje dystansowe, Kratki o numerach 4 oraz 6 zostały wykonane jako sztywne, w których końce profili były spięte za pomocą przeznaczonych do tego celu spinek wykonanych z tworzywa sztucznego.

Przekroje zastosowanych profili pokazano na rysunku 3. Profile oznaczone numerem 1 oraz 2 to profile wykonane ze stopu aluminium o przekroju dwuteowym. Pole przekroju profilu nr 1 jest o 25% mniejsze niż pole przekroju profilu nr 2. Profil nr 3 jest profilem o przekroju rury prostokątnej. Profil nr 4 jest tzw. profilem zatrzaskowym typu A, a profil nr 5 jest profilem o przekroju prostokątnym wykonanym z drewna dębowego.

W tabeli 1 przedstawiono główne wymiary przekroju poprzecznego profili zastosowanych do kratek poddanych badaniom.

Badania wykonano na maszynie wytrzymałościowej typu HT-2402s z wykorzystaniem systemu do pomiarów fotogrametrycznych Pontos. W celu odzwierciedlenia zachowania się kratek podczas badania, każda kratka była umieszczona w kanale montażowym zgodnie z procedurą montażową grzejnika. Tak przygotowane zestawy były poddawane maksymalnemu obciążeniu 1500 N poprzez nacisk stempla imitującego obcas buta o średnicy 60 mm. W oparciu o przygotowane modele kratek, przyjęto następujący plan badawczy ujmując jednocześnie obciążenie całych kratek, pojedynczych szczebli oraz zestawów po 3 szczeble z każdego typu:

1. Dla kratek

1.1. Obciążenie poszczególnych kratek siłą pionową do wartości maksymalnej 1500 N z prędkością 10 mm/min, a następnie powrót z prędkością 30 mm/min do położenia stempla 5 mm powyżej linii profili.

1.2. Obciążenie cykliczne kratek z prędkością 10 mm/min aż do osiągnięcia wartości maksymalnej 1500 N, przytrzymanie obciążenia przez 3 s, a następnie powrót z prędkością 30 mm/min do położenia stempla 5 mm powyżej linii profili.

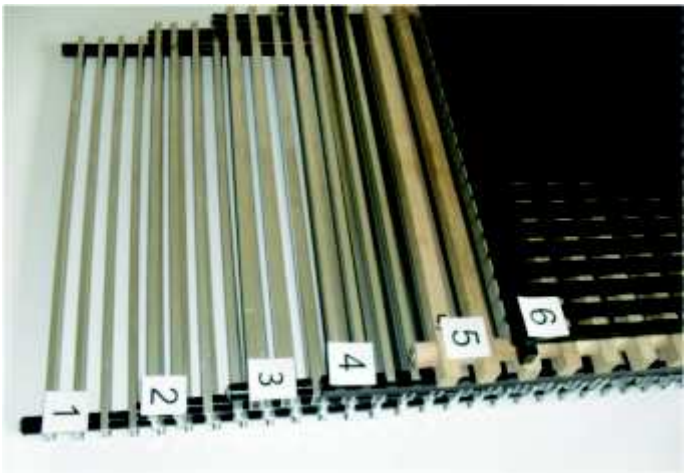
2. Dla pojedynczych profili oraz zestawów profili

2.1. Zginanie pojedynczych profili siłą pionową w celu wyznaczenia granicy sprężystości i plastyczności, z prędkością 10 mm/min,

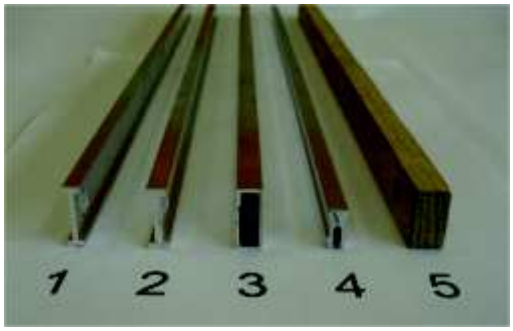
2.2. Zginanie zestawu trzech profili kratek z prędkością 10 mm/min, aż do osiągnięcia wartości maksymalnej 1500 N, przytrzymanie obciążenia przez 3 s, a następnie powrót z prędkością 30 mm/min do położenia stempla 5 mm powyżej linii profili.

Tab. 1. Podstawowe wymiary profili w badanych kratkach

Nr kratki	Typ profilu	Materiał	Wysokość mm	Szerokość mm
1	dwuteownik	aluminium	18	5,7
2	dwuteownik	aluminium	18	6,5
3	prostokątny	aluminium	18	8,0
4	typ A	aluminium	12	6,4
5	prostokątny	drewno	18	12
6	typ A	aluminium	12	6,4



Rys. 2. Kratki maskujące poddane badaniom: 1 – aluminiowa z profilu o przekroju dwuteowym łączona sprężyną, 2 – aluminiowa z profilu o zwiększonym przekroju dwuteowym łączona sprężyną, 3 – aluminiowa z profilu o przekroju prostokątnym łączona sprężyną, 4 – aluminiowa z profilu typu A łączona spinką z tworzywa sztucznego, 5 – drewniana z profilu o przekroju prostokątnym łączona sprężyną, 6 – aluminiowa wzdłużna z profilu o typu A



Rys. 3. Przekroje profili w badanych kratkach maskujących: 1– profil aluminiowy P1 o przekroju dwuteowym, 2 – profil aluminiowy P2 o zwiększonym przekroju dwuteowym, 3 – profil aluminiowy P3 o przekroju rury prostokątnej, 4 – profil aluminiowy P4 o przekroju typu A, 5 – profil drewniany P5 o przekroju prostokątnym

Wyniki badań

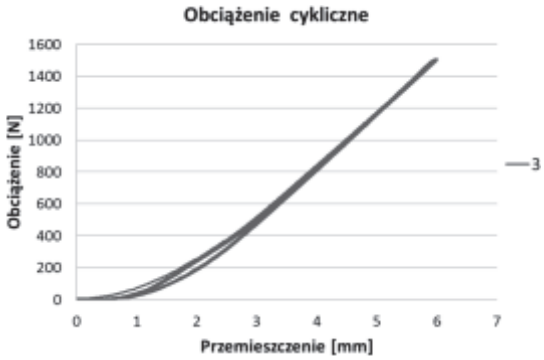
Na podstawie przeprowadzonych badań wytrzymałości kratek stwierdzono, że kratki nr 4 oraz 6 uległy trwałemu odkształceniu pod obciążeniem odpowiednio 1377 N oraz 1500 N. Wynika to z faktu, że zastosowane spinki do łączenia profili po obciążeniu nie pozwoliły na powrót do pierwotnej postaci. W pozostałych kratkach nie zaobserwowano podczas badań przemieszczeń dyskwalifikujących badane modele. W kratce nr 4 przerwano próbę ze względu na przekroczenie granicy wytrzymałości i wystąpienie trwałych odkształceń profili. Należy tutaj wspomnieć, że na wartość ugięcia podczas pomiarów złożyły się luzy poszczególnych zestawów wynikających z technologii montażu kratek.

Nieuszkodzone kratki maskujące następnie zostały poddane obciążeniom cyklicznym zgodnym z punktem 1.2. planu badań. W celu oszacowania wartości średniej ugięcia, badania powtarzano 3 razy. Po zakończeniu badań w kratkach nie stwierdzono wystąpienia widocznych uszkodzeń. Przykładowy przebieg cyklicznego nacisku w czasie dla kratki nr 3 przedstawiono na rys. 4.

W dalszych próbach określono podstawowe parametry wytrzymałościowe pojedynczych profili zgodnie z planem – punkt 2.1 planu. Próbki poddano zginaniu z prędkością 10 mm/min. Otrzymane wyniki przedstawiono w tab. 3. Najmniejszą wytrzymałość zanotowano dla profilu typu P4, natomiast największą – dla profilu P2. W profilach wykonanych z drewna dębowego zaobserwowano największe różnice z uwagi na występujące wewnątrz niejednorodności materiałowe, które bezpośrednio wpłynęły na ich wytrzymałość. Na podstawie otrzymanych danych z pomiarów odczytano wartość siły (F_p), przy której określono granicę plastyczności dla badanych profili, przyjmując ją jako wartość maksymalną po przekroczeniu, której następowało trwałe odkształcenie. Wartości średnie obliczono wykorzystując wzór na wartość średniej arytmetycznej (1):

Tab. 2. Wartości otrzymanych ugięć kratek pod obciążeniem 1500 N

Nr kratki	Siła obciążająca *F*, N	Przemieszczenie (ugięcie) mm
1	1500	7,7
2		5,7
3		5,8
4	1377 N (duża deformacja kratki)	21,6
5	1500	9,9
6	1500	24,5



Rys. 4. Wykres ugięcia przy obciążeniu cyklicznym; kratka nr 3

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i} P}{n} \quad (1)$$

gdzie:

$\overline{x}$ – wartość średnia wielkości mierzonej, N

P – wartość mierzonej siły N,

n – liczba pomiarów.

Tab. 3. Wartości sił: F_{max} – siła maksymalna oraz F_p – siła, przy której zauważano odkształcenia plastyczne obciążanych kratek

Nr profilu	Siła maksymalna F_{max}, N	Wartość średnia siły maksymalnej $F_{max\ śred}$, N	Siła przyjęta jako granica plastyczności F_p, N	Wartość średnia siły przyjętej jako granica plastyczności $F_{p\ śred}$, N
P1	543	537,0	402	413,6
	533		416	
	535		423	
P2	737	738,3	511	503,0
	738		499	
	740		499	
P3	703	703,0	488	492,3
	704		494	
	702		495	
P4	343	345,0	193	196,0
	348		200	
	344		195	
P5	990	845,0	496	428,6
	853		430	
	719		360	

INNOFORM®

2. Międzynarodowe Targi Kooperacyjne Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego

24-26 kwietnia 2018, Bydgoszcz

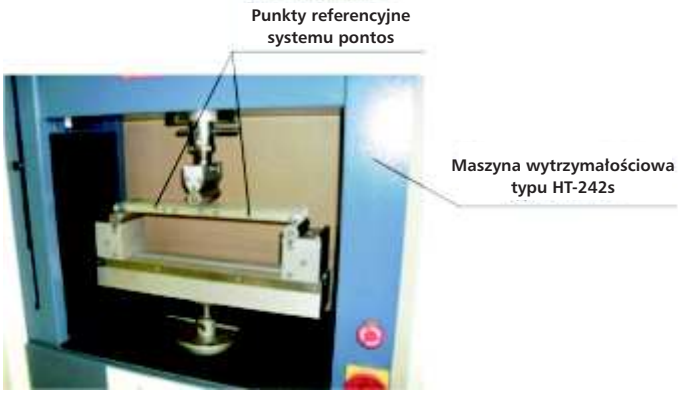
Przemysł w najlepszej formie

Organizatorzy:

BYDGOSKI KLASTER PRZEMYSŁOWY

Targi w Krakowie

www.innoform.pl



Rys. 5. Maszyna pomiarowa z oprzyrządowaniem przygotowana do zginania; zamontowany zestaw profili z punktami referencyjnymi systemu Pontos

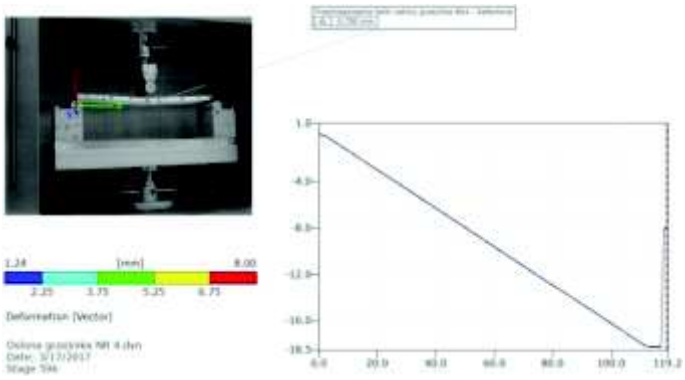
W celu dokładnego odczytania wartości odkształceń zestawu profili w dalszych badaniach zastosowano przestrzenny optyczny system pomiarowy do pomiarów fotogrametrycznych Pontos. System kamer, wykorzystując zasadę triangulacji, precyzyjnie określa współrzędne za pomocą punktów referencyjnych – rys. 5. Jako miejsce pomiaru (obciążenia) przyjęto środek profilu. Parametry obciążenia zestawu profili przyjęto zgodnie z punktem 2.2 planu.

Do wykonania badań przygotowano próbki odpowiadające powierzchni nacisku stempla o średnicy $\phi = 60$ mm. Odpowiednio dla profili aluminiowych wykonano zestawy składające się z czterech elementów, a zestawy drewniane, ze względu na większy rozstaw i szerokość profili – z trzech elementów (rys. 6).

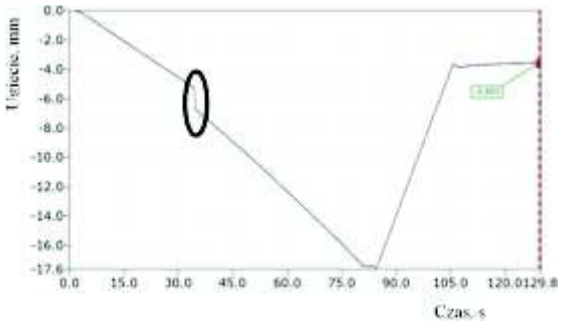
Rys. 6. Zestawy czterech profili przygotowanych do prób zginania

Zestaw profili nr 4, tak jak próbach wykonanych dla pełnych kratek, uległ trwałemu odkształceniu mimo zastosowania mniejszego obciążenia, tj. 1226 N. Odkształcenie przy maksymalnym obciążeniu wyniosło 18,36 mm. Na rysunku 7 przedstawiono przemieszczenie punktu pomiarowego w czasie. Po zakończonej próbie punkt środkowy nie wrócił do pozycji wyjściowej, różnica wyniosła 5,78 mm. W próbce nr 5 wykonanej z drewna nastąpiło pęknięcie jednego z elementów widoczne jako załamanie wykresu na rysunku 8. Zestaw, mimo wystąpieniu uszkodzenia, poddany został dalszemu obciążeniu. Próbka wytrzymała maksymalne obciążenie 1500 N. Na rysunku 9 przedstawiono wykres ugięcia zestawu profili aluminiowych.

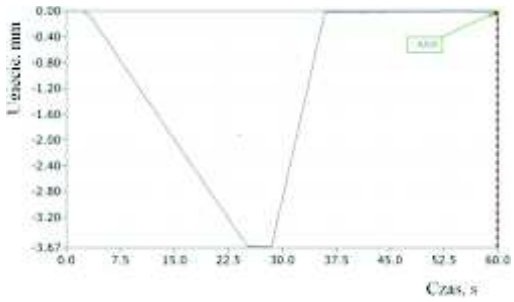
Wykonano równolegle pomiar przemieszczenia (tab. 4) i siły w celu porównania z pomiarami dokonanymi na całej kratce



Rys. 7. Pomiar ugięcia zestawu profili aluminiowych nr 4 z użyciem systemu Pontos



Rys. 8. Pomiar ugięcia zestawu profili drewnianych z użyciem systemu Pontos



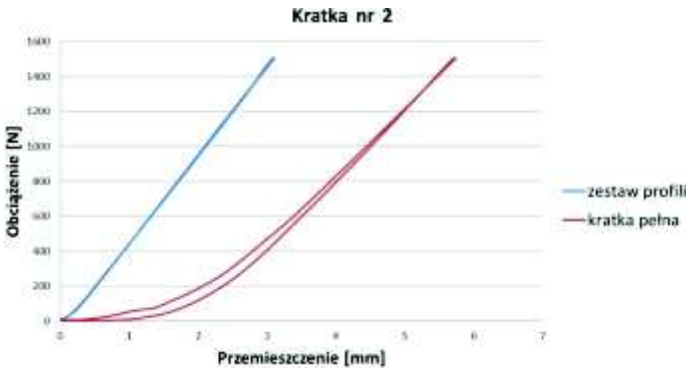
Rys. 9. Pomiar ugięcia zestawu profili aluminiowych nr 1 z użyciem systemu Pontos

Tab. 4. Wartości maksymalnych przemieszczeń dla zestawów 4 poprzeczek wykonanych z profili aluminiowych oraz 3 poprzeczek wykonanych z profili drewnianych

Nr zestawu profili	Siła obciążająca F_{max}, N	Przemieszczenie (ugięcie) mm
1	1500	3,75
2		3,10
3		3,63
4	Próba przerwana przy obciążeniu 1226	18,36
5	1500	6,45

(tab. 2). Graficzny obraz wyników tego porównania przedstawiono na rys. 10.

Z analizy danych zawartych w Tabeli 4 wynika, że maksymalne przemieszczenia uzyskane dla symulacji obciążenia są mniej-



Rys.10. Przykładowe porównanie obciążenia i przemieszczenia zestawu profili i pełnej kratki nr 2

sze niż uzyskane w próbach wytrzymałościowych (Tabela 2). Wynika to przede wszystkim z większej sztywności układu pomiarowego użytego w drugim przypadku.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano poniższe spostrzeżenia i wnioski:

– największą wytrzymałością charakteryzują się kratki maskujące wykonane z profili aluminiowych o przekroju teowym 18×6,5 (P2) oraz prostokątnym 18×8 (P3);

– w przypadku profili o największej wytrzymałości kratka jest w stanie przenieść obciążenie około 400 N siły skupionej, tzn. przyjmując obciążenie na jeden profil kratki. W przypadku nacisku większą powierzchnią (podeszwa buta) kratka może przenieść obciążenie ponad 1500 N, dzięki rozłożeniu obciążenia na większą liczbę szczebli kratki;

– badania wykazały, że możliwe jest zastosowanie profilu o zmniejszonym polu powierzchni o 25% do stosowanego obecnie z założeniem, że nie będzie on stosowany w produktach o zwiększonym ryzyku obciążenia np.: salon samochodowy;

– profile drewniane ze względu na swoją strukturę oraz występowanie wad niewidocznych na zewnątrz uzyskują bardzo zróżnicowaną wytrzymałość na zginanie. Ułożenie włókien drewna oraz występowanie niejednorodności (sęków) wpływa na własności wytrzymałościowe,

– swobodne ułożenie kratki maskującej oraz amortyzacja obuwia może spowodować uczucie zwiększonego ugięcia elementów nośnych kratek.

Literatura

1. Danielak M.: *Podłogowe systemy grzewcze i klimatyzacyjne. Rozwiązania dla przeszklonych fasad*. Polski Instalator 2/2015 s.38-42.
2. http://muratordom.pl/galeria-artykulu/grzejnik-schowany-w-podlodze-grzejniki-kanalowe-idealne-do-domow-z-duzymi-oknami,10596/8723/34139/.
3. Karpowicz M., Mońka G., Jeleńkowski J.: *Wytrzymałość zmęczeniowa kulowanego stopu magnezu AZ31B-F*. Obróbka Metalu nr 3, s. 18 – 21, 2015.
4. Lonkwic P.: *Analiza wpływu usztywnienia paneli cienkościennych na wybrane parametry pracy*. Obróbka Metalu nr 3, s. 50-52, 2015.
5. Lonkwic P.: *Problematyka łączenia blach grubych w aspekcie wycinania laserowego*. Obróbka Metalu nr 3, str. 6-7, 2012.

reklama