

SERIA MONOGRAFIE NR 6/2013



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
WYDZIAŁ METALI NIEŻELAZNYCH



MONOGRAFIA HABILITACYJNA



**ODKSZTAŁCALNOŚĆ
BLACH PERFOROWANYCH**

Wacław Muzykiewicz

Kraków 2013

Wydawnictwo Naukowe
AKAPIT

Recenzenci

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Świątkowski (Akademia Górniczo-Hutnicza)

Prof. dr hab. inż. Feliks Stachowicz (Politechnika Rzeszowska)

© Copyright by Akademia Górniczo-Hutnicza, 2013

Printed in Poland

ISBN 978-83-63663-34-6



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków
tel./fax (012) 280-71-51; www.akapit.krakow.pl
e-mail: wn@akapit.krakow.pl

Spis treści

Streszczenie.....	7
Summary	9
Wykaz oznaczeń, definicje.....	11
Wprowadzenie	13
1. Rodzaje blach perforowanych.....	17
1.1. Asortyment blach perforowanych według rodzaju perforacji	18
1.1.1. Metody perforowania blach	18
1.1.2. Podział blach perforowanych według kształtu otworu.....	21
1.1.3. Układ i wielkość otworów, prześwit	24
1.2. Materiały, stosowane do produkcji blach perforowanych.....	26
1.3. Siatki cięto-ciągnione	27
2. Zastosowanie blach perforowanych	29
2.1. Zastosowanie blach o typowych perforacjach.....	31
2.2. Zastosowanie blach perforowanych wybranymi niekonwencjonalnymi metodami	35
3. Pojęcie odkształcalności i stan zagadnienia w odniesieniu do blach perforowanych.....	37
4. Istota, teza i cel pracy, zakres badań.....	49
5. Własności blach perforowanych	51
5.1. Program badań, metody badawcze	51
5.2. Własności mechaniczne.....	55
5.3. Własności technologiczne	64
5.4. Wnioski z badań własności	74
6. Graniczna odkształcalność blach perforowanych.....	77
6.1. Materiał do badań – badane perforacje.....	78

6.2. Metodyka wyznaczania krzywych odkształcalności granicznej.....	79
6.3. Wyniki badań i ich analiza	82
6.3.1. Wpływ rodzaju i parametrów perforacji na odkształcenia graniczne	87
6.3.2. Wpływ gęstości siatki otworów na wartość odkształceń granicznych	91
6.4. Wnioski z badań odkształcalności granicznej	93
7. Implementacja niekonwencjonalnych, wysokoenergetycznych technik cięcia do gęstej perforacji blachy – wpływ metody na właściwości wyrobu.....	95
7.1. Cel i zakres badań.....	95
7.2. Rezultaty wykrawania metodami wysokoenergetycznymi – jakość perforacji i wady wyrobów.....	96
7.3. Własności mechaniczne blach perforowanych różnymi metodami.....	98
7.4. Wnioski z badań perforowania blach metodami wysokoenergetycznymi	103
8. Lokalizacja odkształcenia blach perforowanych	105
Podsumowanie	115
Literatura	119
Netografia, Katalogi	127
Spis rysunków	129
Spis tablic	132

Streszczenie

Blachy perforowane mają szerokie spektrum zastosowań – od elektroniki, przez architekturę i budownictwo, sztukę określaną jako PerfoART po górnictwo. Coraz częściej stopień zaawansowania i finezja ich zastosowań wymaga dobrego rozpoznania właściwości i orientacji w możliwościach plastycznego kształtowania tego nietypowego materiału.

W pracy zamieszczono i przedyskutowano wyniki kompleksowych badań odkształcalności najważniejszych, mających największe zastosowanie, blach perforowanych z regularnymi układami otworów okrągłych i kwadratowych – heksagonalnym (mijanym 60°) i prostym. Zmieniano przy tym wielkość otworu okrągłego i stopień wypełnienia otworami powierzchni blachy (tzw. prześwit). Wariant podstawowy w badaniach stanowiła blacha perforowana z heksagonalnym układem otworów okrągłych o średnicy 3 mm ze skokiem równym dwóm średnicom (6 mm). Badania prowadzono na blasze stalowej karoseryjnej SB o grubości 1 mm i na blasze miedzianej M2R (Cu-DHP) o różnych grubościach.

Po syntetycznym omówieniu rozległej tematyki różnorodności asortymentowej i mnogości zastosowań blach perforowanych, przedyskutowano pojęcie odkształcalności metali i stopów na poziomie mechaniki ciał odkształcalnych i omówiono stan zagadnienia w odniesieniu do badań blach perforowanych w tym zakresie. Zasadnicze treści pracy odnoszą się do badań własności mechanicznych i technologicznych oraz odkształcalności granicznej, zdefiniowanych jak wyżej, blach perforowanych. Poprzedzono je wskazaniem istoty, określeniem tez i celu pracy oraz zakresu badań. Niejako w uzupełnieniu zagadnień wiodących, zbadano możliwości zastosowania wysokoenergetycznych technik cięcia do gęstej perforacji cienkiej blachy i dokonano oceny wpływu metody na jakość i właściwości wyrobu. Odrębną uwagę poświęcono omówieniu niejednorodności i związanej z nią lokalizacji odkształcenia blach perforowanych – problemu, który stanowi swego rodzaju wyróżnik, osobliwość kształtowania plastycznego tych materiałów.

Wyniki badań dowiodły specyficznych właściwości blach perforowanych, dominującego na nie wpływu niejednorodności ośrodka, spowodowanej siatką otworów. Charakteryzuje je w sposób szczególny silna kierunkowość, zależna od rodzaju perforacji, lokalizacja odkształcenia materiału w mostach pomiędzy otworami i „ściśliwość”, wynikająca z deformacji (zamykania się) otworów w procesach ciągnięcia. Całkowite odkształcenie próbki ażurowej (półwyrobu) jest sumą odkształcenia materiału i deformacji otworów, która też może być przyczyną zmiany drogi odkształcenia w pewnych obszarach formowanego plastycznie mate-

riału. Stwierdzono, iż w procesach technologicznych kształtowania wyrobów powłokowych podatność do odkształceń blachy perforowanej zależy od stanu naprężenia panującego w materiale i parametrów procesu znacznie silniej niż pełnej blachy.

Praca wnosi elementy poznawcze w odniesieniu do metodyki postępowania i interpretacji wyników w zakresie wyznaczania własności mechanicznych i technologicznych oraz granicznej odkształcalności blach z siatką otworów. Uzyskane wyniki badań mają też wymiar aplikacyjny. Zalecenia technologiczne zawarte we wnioskach ułatwią prawidłowe projektowanie procesów tłoczenia ażurowych wyrobów powłokowych i ocenę możliwości wykonania określonego wyrobu z tych nietypowych materiałów.