

Wpływ podsadzania pustek po podziemnym zgazowaniu węgla na wielkość deformacji powierzchni

Influence of backfilling voids after the underground coal gasification process on deformation level of the surface



Prof. dr hab. inż. Franciszek Plewa^{*)}



Dr inż. Zdzisław Mysiek^{*)}

Treść: Podziemne zgazowanie węgla jako perspektywiczna metoda pozyskiwania gazu syntezowego będzie powodować powstawanie pustek w górotworze, które pozostawione bez wypełnienia będą przyczyną znacznych deformacji powierzchni. W artykule przedstawiono wyniki rozważań teoretycznych nad wpływem ściśliwości podsadzki i stopnia wypełnienia na wartość współczynnika osiadania przy podsadzaniu pustek po podziemnym zgazowaniu węgla.

Abstract: Underground coal gasification as a prospective method for obtaining synthesis gas will result in the formation of voids in the ground which with no fill left, it will cause significant deformation of the surface. This paper presents the results of theoretical considerations on the influence of backfill compressibility and the filling degree on the value of the subsidence coefficient in the backfill of the voids in the light of underground coal gasification.

Słowa kluczowe:

węgiel, podsadzka, zgazowanie, deformacja powierzchni

Key words:

underground coal gasification, surface deformation, synthesis gas

1. Wprowadzenie

Podziemne zgazowanie węgla jako metoda pozyskiwania gazu syntezowego będzie powodować powstawanie pustek, które jeżeli nie zostaną zlikwidowane przez wypełnienie podsadzka, będą przyczyną deformacji górotworu i powierzchni [2,7]. Wypełnianie pustek po zgazowaniu węgla, w zależności od ich ewentualnych kształtów i rozmiarów, może być teoretycznie prowadzone różnymi sposobami, do których można zaliczyć [1]:

- klasyczną podsadzkę hydrauliczną-piaskową,
- wypełnianie mieszaniną popiołowo-wodną,
- wypełnianie suchymi popiołami z późniejszym nawilżaniem.

O wielkości deformacji powierzchni i górotworu przy podsadzaniu pustek po zgazowaniu węgla decydować będzie wiele czynników, wśród których najważniejsze to ściśliwość podsadzki i stopień wypełnienia pustek [1,3,4,5,6].

2. Wpływ podsadzania pustek po zgazowaniu węgla na wielkość współczynnika osiadania

Do obliczania wskaźników deformacji powierzchni przy podziemnej eksploatacji złóż stosowany jest współczynnik osiadania (eksploatacji), którego wartość w zależności od systemu eksploatacji rodzaju podsadzki wynosi [1,5,6]:

- zawał 0,7–0,8,
- podsadzka pneumatyczna 0,35–0,45,
- podsadzka hydrauliczna 0,15–0,2,
- podsadzka utwardzana 0,02–0,08.

Zgodnie z definicją współczynnik osiadania jest stosunkiem objętości całkowicie wykształconej niecki osiadania na powierzchni do objętości wyeksploatowanego złoża [2].

$$a = \frac{V_n}{V_z} \quad (1)$$

gdzie:

- V_n – objętość niecki osiadania, m³,
- V_z – objętość wyeksploatowanego złoża, m³.

Współczynnik osiadania dla podziemnego zgazowania węgla bez podsadzania pustek

^{*)} Politechnika Śląska, Gliwice

$$a_{zg} = \frac{V_{nzg}}{V_{zgz}} \quad (2)$$

gdzie:

V_{nzg} – objętość niecki osiadania po zgazowaniu węgla, m³,
 V_{zgz} – objętość zgazowanego złoża, m³,

$$V_{zgz} = V_{zpz} - V_{pz} \quad (3)$$

V_{zpz} – objętość złoża przed zgazowaniem, m³,
 V_{pz} – objętość pozostałości po zgazowaniu węgla, m³,

$$V_{pz} = V_p + V_z \quad (4)$$

V_p – objętość popiołu, m³,
 V_z – objętość żużli i innych pozostałości, m³.

Współczynnik osiadania dla zgazowania węgla z podsadzaniem pustek po zgazowaniu

$$a_{zg+p} = \frac{V_{nzg+p}}{V_{zgz}} \quad (5)$$

gdzie:

V_{nzg+p} – objętość niecki osiadania dla zgazowania węgla z podsadzką, m³.

Objętość niecki osiadania dla zgazowania węgla z podsadzką można przyjąć jako równą objętości niecki dla zgazowania węgla bez podsadzania pustek, pomniejszonej o objętość niecki jaka nie powstanie w wyniku podsadzania pustek po zgazowaniu

$$V_{nzg+p} = V_{nzg} - V_{nn} \quad [m^3] \quad (6)$$

gdzie:

V_{nzg} – objętość niecki po zgazowaniu węgla, m³,

$$V_{nzg} = a_z \cdot V_{zgz} \quad [m^3] \quad (7)$$

V_{nn} – objętość o jaką należy pomniejszyć nieckę po zgazowaniu węgla w wyniku podsadzania pustek, m³,

$$V_{nn} = V_{nzg} \cdot n_w (1 - S) \quad [m^3] \quad (8)$$

n_w – stopień wypełnienia pustek podsadzka,
 S – ściśliwość podsadzki.

Podstawiając wzory 7 i 8 do równania 6 otrzymamy

$$V_{nzg+p} = a_z \cdot V_{zgz} [1 - n_w (1 - S)] \quad [m^3] \quad (9)$$

natomiast podstawiając zależność 9 do równania 5 mamy

$$a_{zg+p} = a_z [1 - n_w (1 - S)] \quad (10)$$

Równocześnie współczynnik a_{zg} , uwzględniając podobieństwo geometryczne obu niecek osiadania, można w przybliżeniu wyrazić jako

$$a_{zg} = a_z \frac{V_{zgz}}{V_z} = a_z \frac{V_{zpz} - V_{pz}}{V_z} = a_z \left(1 - \frac{V_{pz}}{V_z} \right) \quad (11)$$

gdzie:

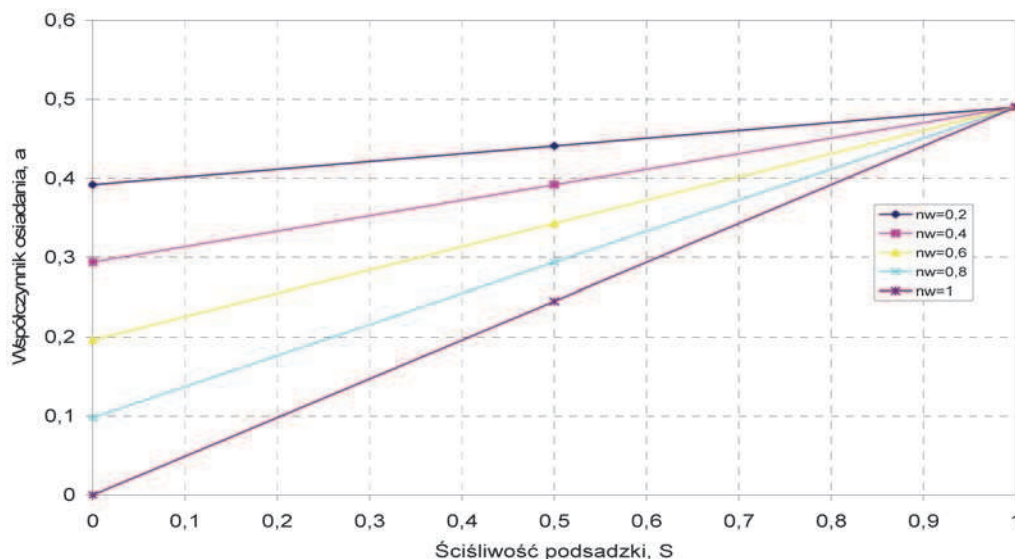
$V_{zpz} = V_z$,
 a_z – współczynnik osiadania (eksploatacji) dla zawalu.

Ostatecznie współczynnik osiadania dla podziemnego zgazowania węgla z podsadzaniem pustek przyjmie postać

$$a_{zg+p} = a_z \left(1 - \frac{V_{pz}}{V_z} \right) [1 - n_w (1 - S)] \quad (12)$$

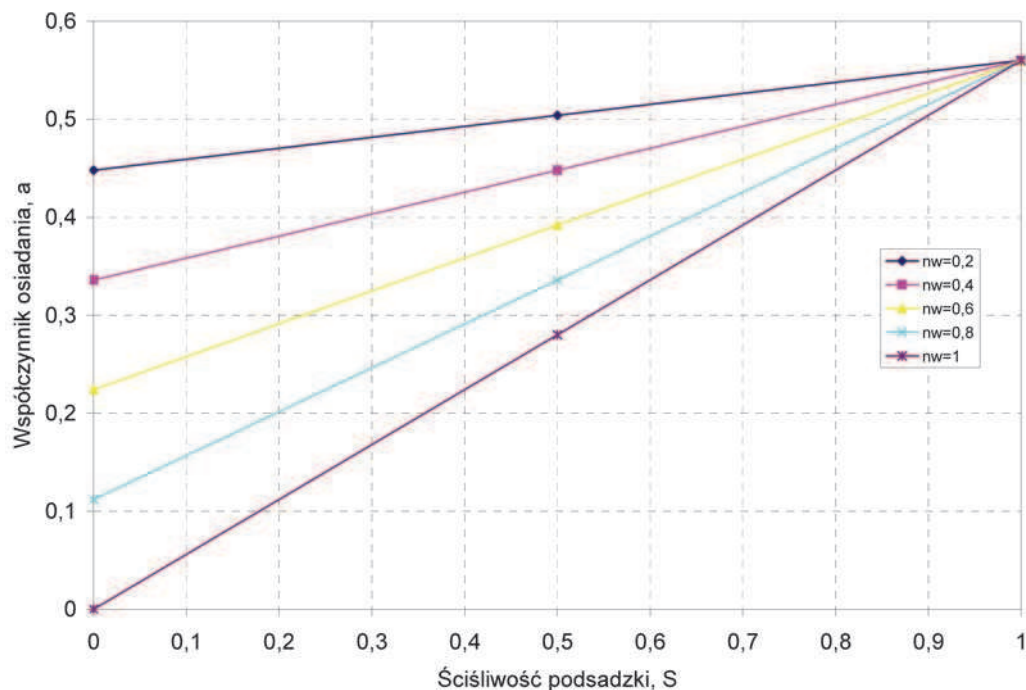
3. Analiza wpływu podsadzania pustek po podziemnym zgazowaniu węgla na wartość współczynnika osiadania

Z przedstawionych zależności wynika, że współczynnik osiadania dla podziemnego zgazowania węgla z podsadzaniem pustek jest funkcją współczynnika dla eksploatacji zawalowej, objętości pozostałości po zgazowaniu, stopnia wypełnienia pustek podsadzką i jej ściśliwości. W celu przeanalizowania wpływu poszczególnych czynników na wartość współczynnika osiadania dla podziemnego zgazowania węgla z podsadzaniem pustek po zgazowaniu, przeprowadzono obliczenia dla dwóch wartości współczynnika osiadania dla eksploatacji zawalowej $a_z = 0,7$ i $0,8$ oraz różnych wartości stopnia wypełnienia pustek i ściśliwości podsadzki. Dodatkowo w obliczeniach przyjęto, że objętość pozostałości po zgazowaniu wyniesie 30% pierwotnej objętości złoża, w tym: 10% popiołu i 20% żużla. Wyniki obliczeń ilustrują wykresy przedstawione na rys. 1–4.



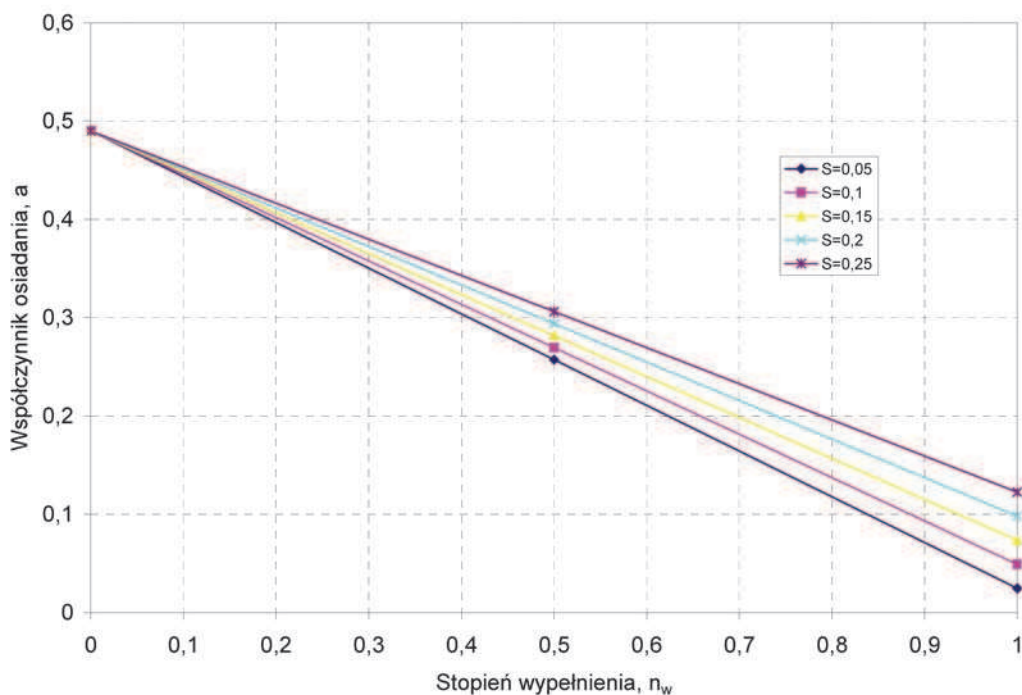
Rys. 1. Wpływ ściśliwości podsadzki na wartość współczynnika osiadania w zależności od stopnia wypełnienia pustek przy $a_z = 0,7$ (opracowanie własne)

Fig. 1. The influence of backfill compressibility on the subsidence coefficient in dependence on fill ratio by $a_z = 0,7$ (own study)



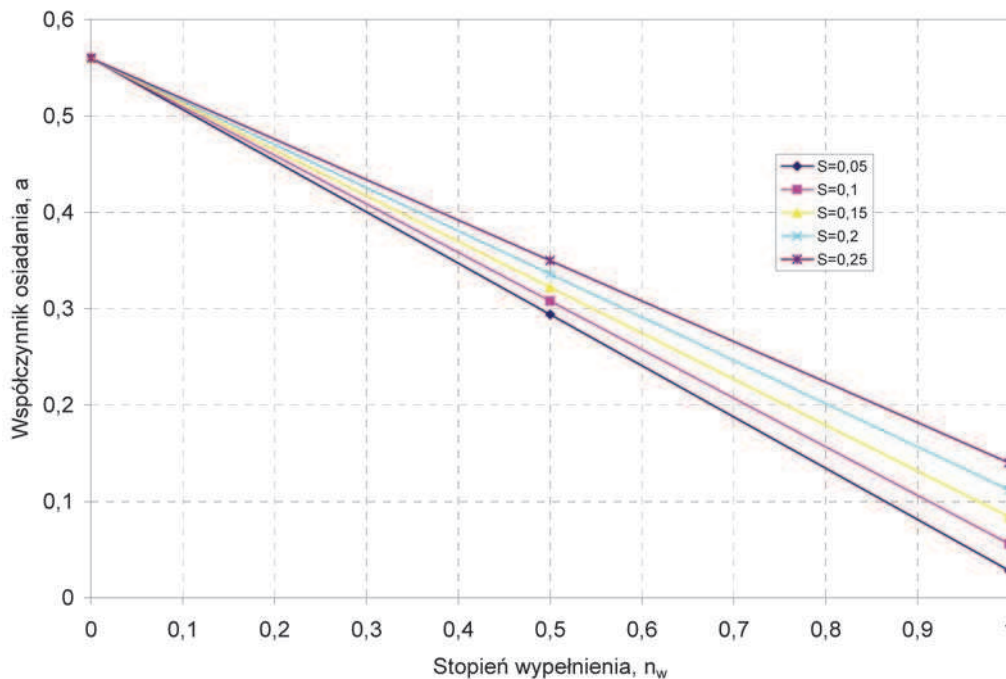
Rys. 2. Wpływ ściślności podsadzki na wartość współczynnika osiadania w zależności od stopnia wypełnienia pustek przy $a_z = 0,8$ (opracowanie własne)

Fig. 2. The influence of backfill compressibility on the subsidence coefficient in dependence on fill ratio by $a_z = 0,8$ (own study)



Rys. 3. Wpływ stopnia wypełnienia pustek na wartość współczynnika osiadania w zależności od ściślności podsadzki przy $a_z = 0,7$ (opracowanie własne)

Fig. 3. The influence of fill ratio on subsidence coefficient in dependence on backfill compressibility by $a_z = 0,7$ (own study)



Rys. 4. Wpływ stopnia wypełnienia pustek na wartość współczynnika osiadania w zależności od ścisłości podszadzki przy $a_z = 0,8$ (opracowanie własne)

Fig. 4. The influence of fill ratio on subsidence coefficient in dependence on backfill compressibility by $a_z = 0,8$ (own study)

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że współczynnik osiadania dla podziemnego zgazowania węgla z podsadzaniem pustek po zgazowaniu rośnie liniowo wraz ze wzrostem ścisłości podszadzki i maleje ze wzrostem stopnia wypełnienia pustek podszadką. przykładowo dla stopnia wypełnienia pustek po zgazowaniu równego 0,6, współczynnik osiadania zmienia się od 0,21 dla ścisłości podszadzki równej 5% do 0,27 dla ścisłości podszadzki wynoszącej 25% i współczynnika osiadania dla zawału równego 0,7 oraz od 0,24 do 0,31 przy wartości współczynnika osiadania dla eksploatacji zawałowej równej 0,8. Współczynnik osiadania przy ścisłości podszadzki wynoszącej 15% wyniesie od 0,16 przy stopniu wypełnienia pustek równym 0,8 do 0,32 przy stopniu wypełnienia pustek podszadką wynoszącym 0,4 dla współczynnika osiadania dla zawału równego 0,7 oraz od 0,18 do 0,37 dla współczynnika osiadania dla zawału wynoszącego 0,8. Współczynnik osiadania dla podziemnego zgazowania węgla bez podsadzania pustek po zgazowaniu i 30% objętości pozostałości po zgazowaniu węgla będzie równy 0,49 przy wartości współczynnika osiadania dla zawału równej 0,7 oraz 0,56 dla współczynnika osiadania dla eksploatacji zawałowej wynoszącego 0,8.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy wpływu podsadzania pustek po podziemnym zgazowaniu węgla na wielkość deformacji powierzchni można sformułować następujące wnioski:

1. Podziemne zgazowanie węgla jako perspektywiczna metoda pozyskiwania gazu syntezowego będzie powodować powstawanie pustek w górotworze, które w celu zmniejszenia deformacji powierzchni powinny być wypełnione podszadką.

2. Proponowana zależność na wartość współczynnika osiadania dla podziemnego zgazowania węgla z podsadzaniem pustek po zgazowaniu pozwala z zadowalającą dla praktyki górniczej dokładnością określać wartość tego współczynnika w zależności od stopnia wypełnienia i ścisłości podszadzki.
3. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że przy średniej ścisłości podszadzki równej 15% i stopniu wypełnienia pustek wynoszącym 0,8 współczynnik osiadania będzie wynosił 0,16 przy współczynniku osiadania dla eksploatacji zawałowej równym 0,7 i 0,18 przy współczynniku osiadania dla zawału równym 0,8. Przy podziemnym zgazowaniu węgla bez podsadzania pustek po zgazowaniu współczynnik osiadania wyniesie 0,49 przy współczynniku osiadania dla zawału równym 0,7 i 0,56 przy współczynniku osiadania dla zawału wynoszącym 0,8.

Literatura

1. *Adamek R.*: Podsadzanie wyrobisk górniczych. Śląsk, Katowice 1981.
2. *Bednarczyk J.*: Rozwój technologii podziemnego zgazowania węgla i perspektywy jej przemysłowego wdrożenia. „Górnictwo i Geoinżynieria” 2007, z. 2.
3. *Kochmański T.*: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956.
4. *Krysiak M.*: Podsadzka hydrauliczna w górnictwie. Śląsk, Katowice 1982.
5. *Mysiek Z.*: Wpływ ścisłości podszadzki na wielkość deformacji powierzchni i górotworu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria „Górnictwo” 1998, Nr 239.
6. *Mazurkiewicz M.*: Rodzaj i jakość podszadek w świetle ochrony powierzchni. „Ochrona Terenów Górniczych” 1984, Nr 4.
7. *Stańczyk K., Dubiński J. i inni*: Podziemne zgazowanie węgla – doświadczenia światowe i eksperymenty prowadzone w KD Barbara. „Polityka Energetyczna” 2010, t. 13, z. 2.