



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201736264 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：105137226

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 15 日

(51)Int. Cl. : C01C1/04 (2006.01)

(30)優先權：2015/12/16 丹麥

PA 2015 00811

(71)申請人：托普索公司(丹麥) HALDOR TOPSOE A/S (DK)

丹麥

(72)發明人：庫爾 安納特 E KROLL, ANNETTE E. (DK)；達爾 培 尤爾 DAHL, PER JUUL (DK)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：1 共 14 頁

(54)名稱

在多反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法

A PROCESS FOR PRODUCTION OF AMMONIA FROM INERT-FREE SYNTHESIS GAS IN MULTIPLE REACTION SYSTEMS

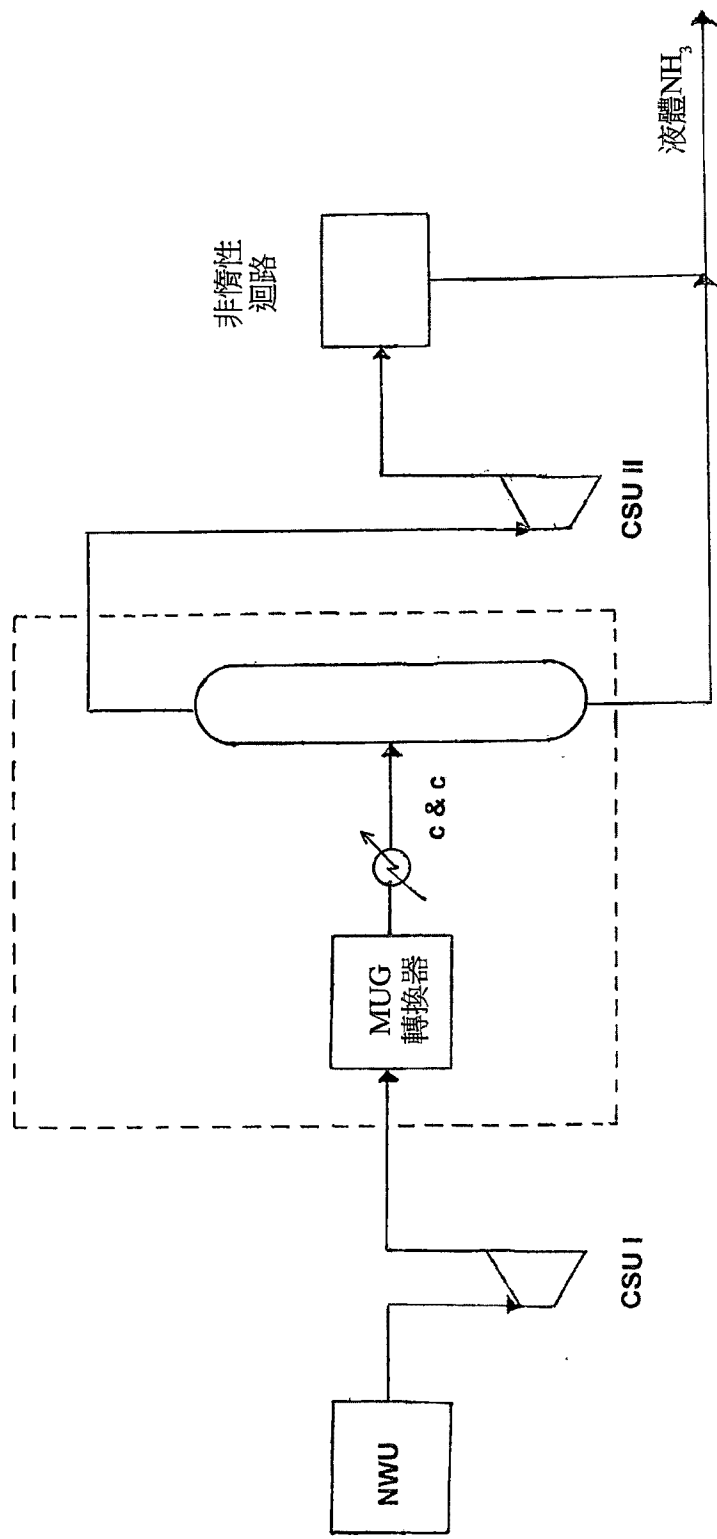
(57)摘要

本發明係關於一種在至少兩個反應系統中製備氨之方法，在該方法中，在該等系統中之每一者中自合成氣體之一部分製備氨，其中抽取一部分流，補充氣體為基本上非惰性的，下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之一壓力下，且經由一補充氣體(make-up gas；MUG)轉換器單元一次性地傳送該補充氣體，在將來自該 MUG 轉換器單元之殘餘合成氣體傳送至一非惰性合成迴路之前視情況將其加壓至一較高壓力。以此方式，藉由不含有惰性物質之合成氣體製備在經濟上有吸引力的氨係可行的。

In a process for the production of ammonia in at least two reaction systems, in which ammonia is produced from a portion of the synthesis gas in each of the systems with a part-stream being withdrawn, the make-up gas is essentially inert-free, the downstream system is at the same pressure or at a higher pressure than the upstream system and the make-up gas is sent once through a make-up gas (MUG) converter unit, the residual synthesis gas coming from the MUG converter unit is optionally pressurized to a higher pressure before being sent to an inert-free synthesis loop. This way, an economically attractive production of ammonia is feasible with synthesis gases not containing inerts.

指定代表圖：

圖 1



發明摘要

※ 申請案號：105137226

※ 申請日： 105/11/15

※IPC 分類： **C01G 1/04** (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

在多反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法

A PROCESS FOR PRODUCTION OF AMMONIA FROM INERT-FREE
SYNTHESIS GAS IN MULTIPLE REACTION SYSTEMS

【中文】

本發明係關於一種在至少兩個反應系統中製備氨之方法，在該方法中，在該等系統中之每一者中自合成氣體之一部分製備氨，其中抽取一部分流，補充氣體為基本上非惰性的，下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之一壓力下，且經由一補充氣體（make-up gas；MUG）轉換器單元一次性地傳送該補充氣體，在將來自該 MUG 轉換器單元之殘餘合成氣體傳送至一非惰性合成迴路之前視情況將其加壓至一較高壓力。以此方式，藉由不含有惰性物質之合成氣體製備在經濟上有吸引力的氨係可行的。

【英文】

In a process for the production of ammonia in at least two reaction systems, in which ammonia is produced from a portion of the synthesis gas in each of the systems with a part-stream being withdrawn, the make-up gas is essentially inert-free, the downstream system is at the same pressure or at a higher pressure than the

upstream system and the make-up gas is sent once through a make-up gas (MUG) converter unit, the residual synthesis gas coming from the MUG converter unit is optionally pressurized to a higher pressure before being sent to an inert-free synthesis loop. This way, an economically attractive production of ammonia is feasible with synthesis gases not containing inerts.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

在多反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法

A PROCESS FOR PRODUCTION OF AMMONIA FROM INERT-FREE
SYNTHESIS GAS IN MULTIPLE REACTION SYSTEMS

【0001】 本發明係關於一種在至少兩個反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法。更具體言之，根據至少兩個反應系統中之反應 $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$ (1) 在多壓力方法中自非惰性合成氣體製備氨。

【0002】 根據高壓合成迴路中之反應 (1) 藉由氫與氮之間的催化反應自合成氣體製備氨。除了氫及氮以外，氮合成氣體含有通常對反應 (1) 具惰性之組份，諸如甲烷及稀有氣體，該等組份阻礙反應 (1) 之轉換速率且將在下文中被稱作「惰性組份」或僅被稱作「惰性物質」。此類型之製程通常以使得在若干階段中首先將補充氣體壓縮至高壓且隨後將經壓縮補充氣體進給至涵蓋一或多個填有觸媒之反應器的迴路以產生氨的方式操作。在此項技術中已知藉由補充合成氣體進給高壓迴路，補充合成氣體主要由藉由烴進料（諸如，天然氣）之蒸汽重整獲得的呈合適莫耳比（亦即，3 比 1）之 H_2 及 N_2 組成。

【0003】 為了避免經抽取氨中所含有且僅在極低濃度下可溶之惰性組份之迴路中的富集，持續抽取在迴路中循環之氣體之部分流作為沖洗氣體。藉由洗氣而自此沖洗氣體移除殘餘氨，藉由使用膜技術或低溫分離來

移除並恢復氫及氮（若存在）。排出殘餘惰性組份（若存在），諸如甲烷、氫、氮及殘餘氮。在壓縮補充氣體之前將再循環氣體添加至補充氣體，且因此再次使用補充氣體。能量平衡自迴路抽取大量沖洗氣體係不利的，此係由於此將致使大體積氣體之壓力顯著下降，該氣體必須隨後經受二次壓縮且導致許多支出。

【0004】 此為熟習此項技術者至今確信在再循環氣體內無法避免惰性物質自補充氣體中之 1 vol%至 2 vol%之初始值至 10 vol%或甚至 20 vol%之富集的原因，即使存在參與反應之氣體之分壓（其僅作為對反應之親和力而對反應平衡之狀態至關重要）顯著低於其在完全非惰性合成氣體迴路中之分壓的不可避免的缺點亦如此，此缺點與此等高惰性物質濃度相關聯。此為所使用之觸媒之體積及容納其之反應器必須顯著大於在合成氣體迴路中不存在惰性組份之情況下所需的觸媒之體積及反應器之原因。

【0005】 與補充氣體中原始濃度等級相比，可耐受而不管上文所描述之缺點的迴路中之惰性物質之富集表明由於以下原因產生之技術異常：在存在較小量之沖洗氣體及因此較高濃度之惰性組份的情況下操作成本（尤其與壓縮有關之操作成本）減少，同時資源成本歸因於所需觸媒體積較大或需要替代地使用較昂貴觸媒（諸如，基於鈦之觸媒）而增加。此技術異常無法使用當前最先進技術來解決，且此為迫使本領域中之專家發現某一折中方案並相對於高操作支出及資金成本建立最佳成本平衡之原因。

【0006】 發生在反應器中之合成自合成氣體產生產物氣體。此產物氣體主要由進給氣體之未經反應部分、所形成之氮及惰性組份組成。氮在反應器出口處為氣態，但其必須經冷凝以使得其可與產物氣體分離且亦作為

液氨自迴路被抽取。由於氨之露點取決於其分壓及其溫度，因此產物冷凝之優點為一方面提供較高合成壓力及高的氨濃度，同時另一方面具有較低溫度。高的氨濃度可藉由在低惰性物質濃度下使用大觸媒體積來獲得。高合成壓力導致壓縮合成氣體所需之能量的成本對應地較高，且較低冷卻溫度需要適當的冷卻裝置安裝於再循環氣體管道中。

【0007】 以上考慮揭露熟習此項技術者將通常趨向於將加工合成壓力維持在 150 巴與 280 巴之間的原因。由於在合成壓力降低之情況下習知磁鐵觸媒之體積將不成比例地生長，且由於此亦適用於反應器之構造要求，因此此項技術中描述之製程使用高活性觸媒。因此，已大量使用摻雜有鈷之磁鐵觸媒。亦已使用鈦觸媒，但由於貴金屬含量，此等鈦觸媒較昂貴。

【0008】 合成壓力愈低，可藉由使用水或空氣冷卻來耗散之熱的量亦愈低，且因此待藉由致冷移除之熱之部分將因此增加。如在標準實踐中，若考慮致冷需要具有壓縮器系統之冷卻電路，則此導致另一技術異常。雖然合成迴路之壓縮支出隨著合成壓力減小而降低，但冷卻電路之壓縮支出增加，此係由於需要更多致冷以抽取在合成迴路中製備之氨。在致冷之前經冷凝的氨之部分在低壓製程中增加，此係因為藉助於沖洗氣體流之高流動速率設定極低惰性組份濃度。關於惰性組份之富集的問題會如在高壓合成製程中一樣而發生，且較低惰性物質濃度增加產物濃度且因此增加露點。因此，熟習此項技術者亦必須在此情況下發現折中方案並相對於高操作支出及投資成本建立最佳成本平衡。

【0009】 在最習知氨設備中，在主級及次級重整器中處理天然氣以產生氫，且在餘熱已自經重整氣流恢復之後，經重整氣流隨後經受變換轉換

以用於額外氫製備。在又一步驟中，移除酸性氣體，且在下游甲烷化器中將殘餘一氧化碳（CO）及二氧化碳（CO₂）轉換成甲烷。隨後將所得原始合成氣體流傳遞至合成迴路中以用於製備氨，其中通常自進給至次級重整器中之製程空氣提供氮。

【0010】 通常，氮設備將在次級重整器中使用化學計算量之製程空氣以在甲烷化器廢氣（原始合成氣體）中維持 3 比 1 之氮對氫莫耳比，其通常為至氮合成迴路之補充氣體。

【0011】 多年來，已在大的單一反應系統中進行氮之商業規模製備。單一反應系統為與在高壓下操作之迴路相關聯之高成本及壓縮製程之高成本的結果，兩種成本隨著流動速率增加而經受大幅下降。因此，幾十年來存在一些技術偏見，其陳述製備在經濟上有吸引力的氮僅在單一反應系統中且僅藉由含有惰性物質之合成氣體係可行的。

【0012】 DD 225 029 A3 中揭示對使用多於一個反應系統之首批嘗試中的一者，DD 225 029 A3 描述經接連配置且在相同壓力位準下操作之兩個高壓合成單元。第一合成單元為補充氣體系統，且第二合成單元為習知迴路系統。所使用之合成氣體必須含有惰性物質，且在製程期間，惰性物質之濃度相當高，更具體言之在再循環氣體中為 13 vol%至 18 vol%。

【0013】 自 US 7.070.750 B2 已知，可在多壓力方法中自合成氣體製備氮，其中氮之合成發生在至少兩個對準（lined-up）合成系統中。根據此 US 專利，在每一系統中自合成氣體之一部分製備氮，其中抽取一部分流，且各別下游合成系統在高於各別上游合成系統之壓力下操作。在此方面，「較高壓力」意謂超出合成系統內之壓力損耗的差壓。每一合成系統可藉

由至少一個壓縮階段與下一下游合成系統分離。

【0014】 在 US 7.070.750 B2 中所描述之方法中，除了作為再循環迴路系統操作之最末合成系統之外，所有至少兩個合成系統作為補充氣體系統操作。

【0015】 US 7.070.750 B2 中所揭示之方法根據上文所提及之反應 (1) 自含有反應物 H_2 及 N_2 以及化合物（諸如，甲烷及稀有氣體）的合成氣體製備氨，化合物對反應 (1) 具惰性，其阻礙反應 (1) 之轉換速率。為了避免惰性化合物之迴路中的富集，持續抽取在迴路中循環之氣體之部分流作為沖洗氣體。在 US 7.070.750 B2 中認識到，惰性化合物構成問題，此係因為在再循環氣體內其濃度自補充氣體中之 1 vol% 至 2 vol% 之初始值增加至多達 10 vol% 或甚至 20 vol%，從而導致參與反應之氣體之分壓顯著低於其在非惰性合成氣體迴路中之分壓。通常藉由使用較大觸媒體積且因此使用較大反應器或替代地藉由使用較有效（且亦較昂貴）觸媒（諸如，基於鈦之觸媒）來補償此缺點。根據 US 7.070.750 B2，其中所描述之多壓力方法可產生令人滿意的結果，儘管惰性化合物永久存在於合成氣體中。

【0016】 本發明係基於可根據以上反應 (1) 在至少兩個反應系統中自非惰性合成氣體製備氨的想法，其中下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之壓力下。合成氣體或補充氣體係來自氮清洗單元（nitrogen wash unit；NWU）或其他清潔單元，在該等單元中所有惰性化合物已移除至 ppm 等級。此意謂，出於所有實際目的，氨合成迴路為非惰性的，且因此無需沖洗系統。

【0017】 在本發明中，術語「合成氣體」及「補充氣體」可互換地使用。

【0018】 因此，本發明係關於一種在至少兩個反應系統中製備氨之方法，該至少兩個反應系統包含包括一第一系統及一最末系統之對準合成系統，其中

- 在該至少兩個系統中之每一者中自氨合成氣體之一部分製備氨，其中抽取一部分流，
- 補充氣體為基本上非惰性的，
- 下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之一壓力下，且
- 經由一補充氣體（make-up gas；MUG）轉換器單元一次性地傳送該合成氣體或補充氣體，

且其中在將來自該 MUG 轉換器單元之殘餘合成氣體傳送至一非惰性合成迴路之前視情況將其最佳地加壓至一較高壓力。

【0019】

【0020】 補充氣體係較佳來自氮清洗單元（nitrogen wash unit；NWU）。

【0021】 合成系統線中之第一系統作為單流反應器系統操作。除了最末合成系統之外，所有至少兩個合成系統可作為單流反應器系統操作。最末合成系統作為再循環迴路系統操作。

【0022】 在合成系統線中，每一合成系統藉由壓縮階段與下一下游合

成系統分離。

【0023】 由於迴路為非惰性的，因此無需任何沖洗系統。因為不存在惰性物質，所以補充氣體極具反應性。

【0024】 MUG 轉換器單元處於低於主迴路之壓力位準下的優點為，控制放熱反應（1）及獲得 MUG 轉換器之合理反應器大小將容易得多。

【0025】 進一步參看圖解釋本發明，其中氮清洗單元 NWU 遞送具有一定含量（其實際上為零）之惰性化合物的補充氣體。

【0026】 氮合成氣體可在離開 NWU 之後被加壓，此加壓在第一壓縮器級/單元（first compressor stage/unit；CSU I）中完成，且隨後經由補充氣體（make-up gas；MUG）轉換器單元將其一次性地傳送。此 MUG 轉換器單元（在圖中指示為點線框）由 MUG 轉換器自身（MUG conv.）與冷卻及冷凝（cooling and condensing；c&c）構件一起組成。

【0027】 在將來自 MUG 轉化器單元之殘餘合成氣體傳送至非惰性合成迴路（在其中製備液氮）之前在第二壓縮器級/單元（second compressor stage/unit；CSU II）中將其加壓至較高壓力。

【0028】 將由以下實例進一步說明本發明。

實施例

【0029】 表 1 展示用於將基於非惰性合成迴路之 3000 MTPD 氮設備與基於非惰性補充氣體之 3000 MTPD 氮設備及置放於三個不同壓力位準下的補充氣體轉換器單元的比較之關鍵圖。展示了有可能在 MUG 單元中製備至少 20%之氮。

【0030】 考慮到循環流動可用作合成迴路設備大小之指示符，展示了

MUG 單元將合成迴路之大小減少了至少 15%。合成迴路大小之此減小表示可能的資本支出節省，但更重要的是，其提供構建呈新設備形式或呈現有設備之容量增加形式的較高容量氨設備之可能性。

【0031】 應注意，可進一步最佳化製備及循環流動之數目。

表 1

基礎案例：具有非惰性合成迴路之 3000 MTPD 氨設備

MUG 單元壓力 kg/cm ² · g	合成迴路壓力 kg/cm ² · g	MUG 單元 NH ₃ 製備 總製備之%	合成迴路循環流動 基礎案例之%
30	196	10	97
84	196	15	90
192	196	20	85

【符號說明】

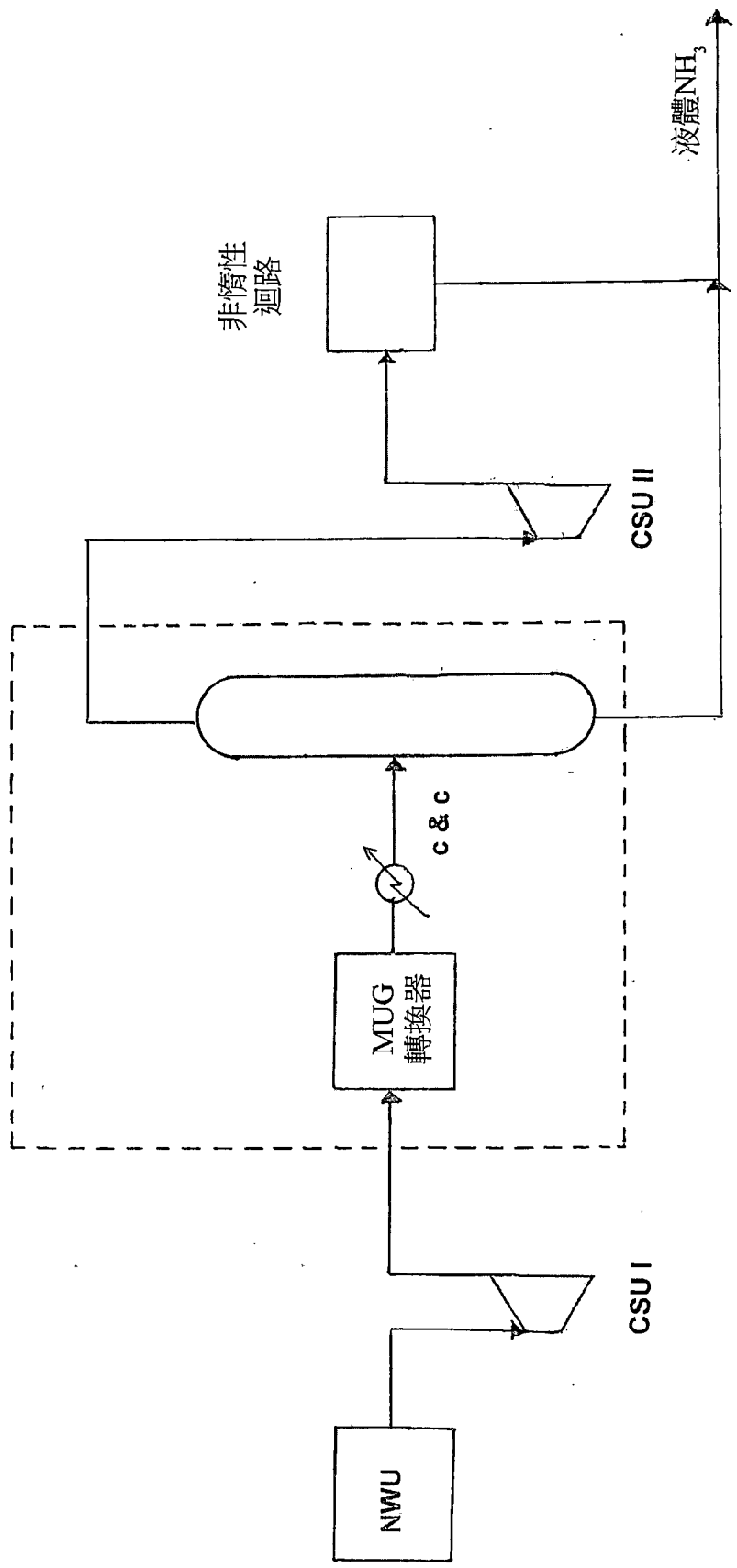
無

申請專利範圍

1. 一種在至少兩個反應系統中製備氨之方法，其中
在該至少兩個系統中之每一者中自氮合成氣體之一部分製備氨，其中抽取一部分流，
補充氣體基本上非惰性的，
下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之壓力下，且
經由補充氣體（make-up gas；MUG）轉換器單元一次性地傳送該合成氣體或補充氣體，
且其中在將來自該 MUG 轉換器單元之殘餘合成氣體傳送至非惰性合成迴路之前視情況將其最佳地加壓至一較高壓力。
2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該補充氣體係來自氮清洗單元（nitrogen wash unit；NWU）。
3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中第一合成系統作為單流反應器系統操作。
4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中除了最末合成系統之外，所有至少兩個合成系統作為單流反應器系統操作。
5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該最末合成系統作為再循環迴路系統操作。
6. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中每一合成系統藉由一或多個壓縮階段與下一下游合成系統分離。
7. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該下游系統處於與該上游系統相

同之壓力下。

圖式



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

在多反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法

A PROCESS FOR PRODUCTION OF AMMONIA FROM INERT-FREE
SYNTHESIS GAS IN MULTIPLE REACTION SYSTEMS

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種在至少兩個反應系統中自非惰性合成氣體製備氨之方法。更具體言之，根據至少兩個反應系統中之反應 $N_2 + 3 H_2 \rightarrow 2 NH_3$ (1) 在多壓力方法中自非惰性合成氣體製備氨。

【先前技術】

【0002】 根據高壓合成迴路中之反應 (1) 藉由氫與氮之間的催化反應自合成氣體製備氨。除了氫及氮以外，氨合成氣體含有通常對反應 (1) 具惰性之組份，諸如甲烷及稀有氣體，該等組份阻礙反應 (1) 之轉換速率且將在下文中被稱作「惰性組份」或僅被稱作「惰性物質」。此類型之製程通常以使得在若干階段中首先將補充氣體壓縮至高壓且隨後將經壓縮補充氣體進給至涵蓋一或多個填有觸媒之反應器的迴路以產生氨的方式操作。在此項技術中已知藉由補充合成氣體進給高壓迴路，補充合成氣體主要由藉由烴進料（諸如，天然氣）之蒸汽重整獲得的呈合適莫耳比（亦即，3 比 1）之 H_2 及 N_2 組成。

【0003】 為了避免經抽取氨中所含有且僅在極低濃度下可溶之惰性組份之迴路中的富集，持續抽取在迴路中循環之氣體之部分流作為沖洗氣體。藉由洗氣而自此沖洗氣體移除殘餘氨，藉由使用膜技術或低溫分離來

移除並恢復氫及氮（若存在）。排出殘餘惰性組份（若存在），諸如甲烷、氫、氮及殘餘氮。在壓縮補充氣體之前將再循環氣體添加至補充氣體，且因此再次使用補充氣體。能量平衡自迴路抽取大量沖洗氣體係不利的，此係由於此將致使大體積氣體之壓力顯著下降，該氣體必須隨後經受二次壓縮且導致許多支出。

【0004】 此為熟習此項技術者至今確信在再循環氣體內無法避免惰性物質自補充氣體中之 1 vol%至 2 vol%之初始值至 10 vol%或甚至 20 vol%之富集的原因，即使存在參與反應之氣體之分壓（其僅作為對反應之親和力而對反應平衡之狀態至關重要）顯著低於其在完全非惰性合成氣體迴路中之分壓的不可避免的缺點亦如此，此缺點與此等高惰性物質濃度相關聯。此為所使用之觸媒之體積及容納其之反應器必須顯著大於在合成氣體迴路中不存在惰性組份之情況下所需的觸媒之體積及反應器之原因。

【0005】 與補充氣體中原始濃度等級相比，可耐受而不管上文所描述之缺點的迴路中之惰性物質之富集表明由於以下原因產生之技術異常：在存在較小量之沖洗氣體及因此較高濃度之惰性組份的情況下操作成本（尤其與壓縮有關之操作成本）減少，同時資源成本歸因於所需觸媒體積較大或需要替代地使用較昂貴觸媒（諸如，基於鈦之觸媒）而增加。此技術異常無法使用當前最先進技術來解決，且此為迫使本領域中之專家發現某一折中方案並相對於高操作支出及資金成本建立最佳成本平衡之原因。

【0006】 發生在反應器中之合成自合成氣體產生產物氣體。此產物氣體主要由進給氣體之未經反應部分、所形成之氮及惰性組份組成。氮在反應器出口處為氣態，但其必須經冷凝以使得其可與產物氣體分離且亦作為

由至少一個壓縮階段與下一下游合成系統分離。

【0014】 在 US 7.070.750 B2 中所描述之方法中，除了作為再循環迴路系統操作之最末合成系統之外，所有至少兩個合成系統作為補充氣體系統操作。

【0015】 US 7.070.750 B2 中所揭示之方法根據上文所提及之反應 (1) 自含有反應物 H_2 及 N_2 以及化合物（諸如，甲烷及稀有氣體）的合成氣體製備氨，化合物對反應 (1) 具惰性，其阻礙反應 (1) 之轉換速率。為了避免惰性化合物之迴路中的富集，持續抽取在迴路中循環之氣體之部分流作為沖洗氣體。在 US 7.070.750 B2 中認識到，惰性化合物構成問題，此係因為在再循環氣體內其濃度自補充氣體中之 1 vol% 至 2 vol% 之初始值增加至多達 10 vol% 或甚至 20 vol%，從而導致參與反應之氣體之分壓顯著低於其在非惰性合成氣體迴路中之分壓。通常藉由使用較大觸媒體積且因此使用較大反應器或替代地藉由使用較有效（且亦較昂貴）觸媒（諸如，基於鈳之觸媒）來補償此缺點。根據 US 7.070.750 B2，其中所描述之多壓力方法可產生令人滿意的結果，儘管惰性化合物永久存在於合成氣體中。

【發明內容】

【0016】 本發明係基於可根據以上反應 (1) 在至少兩個反應系統中自非惰性合成氣體製備氨的想法，其中下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之壓力下。合成氣體或補充氣體係來自氮清洗單元（nitrogen wash unit；NWU）或其他清潔單元，在該等單元中所有惰性化合物已移除至 ppm 等級。此意謂，出於所有實際目的，氨合成迴路為非惰性的，且因此無需沖洗系統。

【0017】 在本發明中，術語「合成氣體」及「補充氣體」可互換地使用。

【0018】 因此，本發明係關於一種在至少兩個反應系統中製備氨之方法，該至少兩個反應系統包含包括一第一系統及一最末系統之對準合成系統，其中

- 在該至少兩個系統中之每一者中自氨合成氣體之一部分製備氨，其中抽取一部分流，
- 補充氣體為基本上非惰性的，
- 下游系統處於與上游系統相同之壓力下或處於高於該上游系統之一壓力下，且
- 經由一補充氣體（make-up gas；MUG）轉換器單元一次性地傳送該合成氣體或補充氣體，

且其中在將來自該 MUG 轉換器單元之殘餘合成氣體傳送至一非惰性合成迴路之前視情況將其最佳地加壓至一較高壓力。

【圖式簡單說明】

【0019】 圖 1 描繪本發明的過程。

【實施方式】

【0020】 補充氣體係較佳來自氮清洗單元（nitrogen wash unit；NWU）。

【0021】 合成系統線中之第一系統作為單流反應器系統操作。除了最末合成系統之外，所有至少兩個合成系統可作為單流反應器系統操作。最末合成系統作為再循環迴路系統操作。

【0022】 在合成系統線中，每一合成系統藉由壓縮階段與下一下游合

圖 1

