

载氢金属异常热量的产生：可能来源于常温下发生的核反应

祁步嘉，何明，武绍勇，赵庆章)，王小明，庞义俊，杨宪林，蒋崧生*

中国原子能科学研究院

*通讯作者. E-mail: ssjiang@ciae.ac.cn, jiang@ihep.ac.cn

摘要：

本文报导在 1300⁰C 以下载氢金属产生异常热能的实验结果。这热量是由安放在一个圆柱形的不锈钢容器内的燃料样品（镍粉末和氢化铝锂（LiAlH₄）的均匀混合物）中产生的。文中给出了两轮实验结果。在第一轮，异常发热持续了 7 天，产生的最大热功率大于 450 W，在初始 72 小时里，产生的热量为 78 MJ。第二轮，在电源关闭后异常发热持续了 120 分钟，其最大热功率也达到大约 450 W，这次实验显示电源关闭后异常热量产生的自持效应。燃料样品由化学反应可能产生的最大能量估计为 26 kJ，比实验结果小 3 个数量级。所以，产生的热能可能是由某些核反应产生。

关键词： 异常热量的产生，镍-氢热能发生器，低能核反应。

1. 引言

过去 20 多年来，公开发表了许多有关冷聚变，或称之低能核反应（LENR）的文章[1-7]，然而，由于实验重复性不好，以及缺乏公认的理论解释，冷聚变是一个有争议的学科。近年来，罗西（Rossi）宣布他发明了一种装置，其中含有镍和其它“催化剂”，在 1400⁰C 以下可能产生大量的热能，这热能不是由化学反应产生，而可能是来自核反应，但反应机制目前还不清楚。每个热能产生装置，罗西称之为 E-Cat，可以产生热量约 10 kW。将 100 个装置组合在一起构成一台 1 MW 的反应堆，其体积大小像一个集装箱[8-9]。同常规核反应堆相比较，E-Cat 不产生对人体有害的核辐射，它的燃料主要是镍和氢，这二者地球上产量丰富，价格低廉。但是，罗西对其装置的核心部分，如催化剂等的保密，以及缺乏公认理论上的支持，科学界对其真实性表示怀疑。另一方面，如果是真的，E-Cat 无论是在新能源开发上，还是科学研究方面都具有重要的意义。随后，有的国家科技工作者开展了相关的实验进行研究。

近两年来，备受关注的是俄罗斯学者帕若哈莫夫（Parkhomov）的实验，他模仿罗西的实验，他公布了实验的详细情况，例如他使用的燃料样品是 1g 镍粉和 0.1g 氢化铝锂的混合物，实验中产生了异常热量[10-11]。中国原子能科学研究院在基金的资助下也开展了有关镍-氢发热反应的研究。在早期的实验使用的燃料样品是镍丝或镍粉，以及在不锈钢容器内注入氢气。在温度 1000 °C 以下观测到容器内的异常发热。本文报道 2015 年两轮实验的结果。在这两轮使用了均匀混合的镍粉和氢化铝锂作为燃料样品，观测到的异常热量比过去的要大许多。部分早期实验结果曾公布在<E-Cat World>，见

<http://www.e-catworld.com/2015/07/31/low-energy-nuclear-reaction-occurring-in-hydrogen-loaded-nickel-wire-songsheng-jiang/>.

2. 实验装置

载氢金属的热能发生器的实验装置示意图见图 1。热发生器的主要成分是燃料样品镍粉和氢化铝锂，装在一个长方形的镍盒里，尺寸为长 160 mm，高 14 mm 和宽 14 mm。镍盒安放在一个密封的圆柱体不锈钢容器中间。不锈钢容器内径 30 mm，外径 36 mm 和长度 280 mm。不锈钢容器通过阀门连接到真空系统和氢气瓶。这容器安放在管式加热器中。

加热器是由刚玉陶瓷管和电阻丝构成的。陶瓷管的外径 70 mm，内径 50 mm 和长度 330 mm。电阻丝是一种耐高温的 Fe-Cr-Al 合金丝，直径 0.5 mm 和长度 240 cm，绕在陶瓷管的外壁上。电阻丝的电阻大约 25 Ω。为了防止热流失，加热器用氧化镁（MgO）绝缘体屏蔽。氧化镁是装在不锈钢筒内，加热器位于中心轴上。氧化镁屏蔽体的外径 270 mm，长度 400 mm（图1）。

不锈钢容器外壁，镍样品盒外壁和氧化镁屏蔽体外壁的温度分别用 K 型热电偶 T1，T2，和 T4 进行测量（图1）。

测量的温度，不锈钢容器内部氢气压力，以及直流电源的电压数据传送到记录仪。也可在计算机上实时显示。

在正常情况下，热电偶 T1，T2 和 T4 的温度是同加热器的功率相互关联的，T1 的温度高于 T2，因热电偶 T1 比 T2 更接近加热器。如果镍盒中的样品燃料开始发热，热量增大时，T1 与 T2 的温差将缩小，最后 T2 温度可能超过 T1。通过 T2 与 T1 温差的增大可以判断燃料样品异常热量的产生。

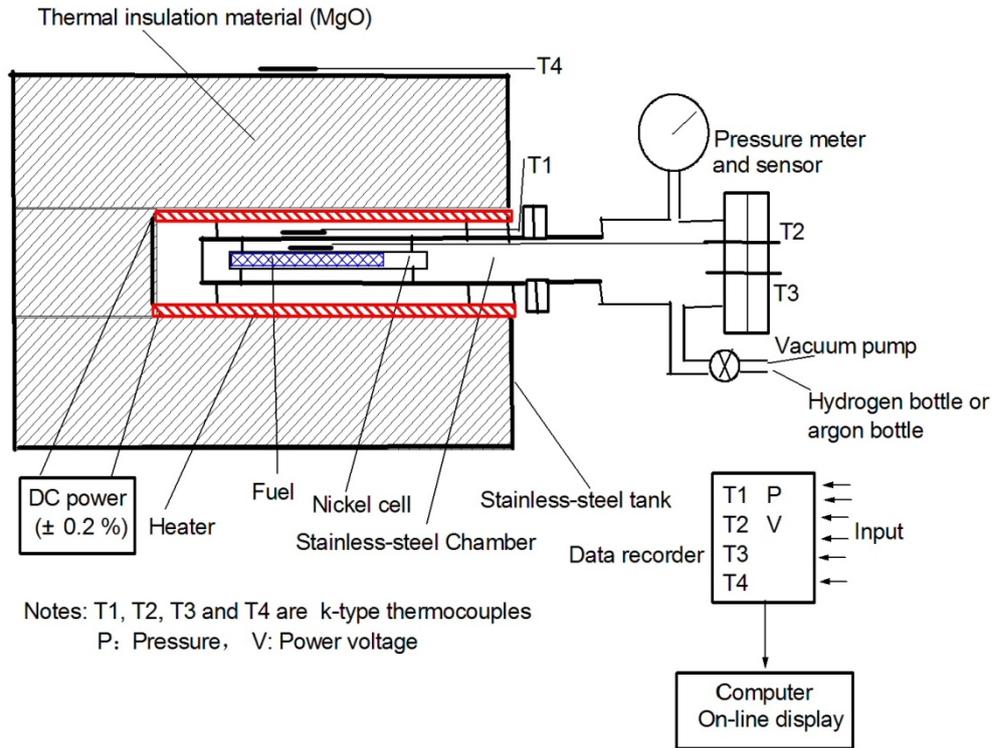


Fig. 1 A schematic diagram of experimental set-up. The fuel was nickel powder + LiAlH₄. Thermocouple T3 will be installed.

图 1. 实验装置示意图，燃料样品是镍粉和氢化铝锂。T3 待安装。

燃料样品产生热量的功率是通过T2温度的增加与功率变化相互关联的转换因子来计算，这因子称为温度-功率转换因子，目前它是依靠实验来求值。最简单的方法是通过在温度平衡时T2温度变化与电源功率变化的关系求得。我们求得温度-功率转换因子为 1.5 ± 0.5 W/⁰C。由于外部加热器对镍盒的加热与镍盒内样品发热使镍盒温度升高的效果是不同的，按上述方法计算的功率值有较大的系统误差。更可靠的温度-功率转换因子的求值有待进一步的研究。

3. 实验结果

这里描述两轮实验结果，在实验中清楚地观测到异常热量的产生。

第一轮实验

第一轮产生异常热能实验是在 2015 年 5 月 4 日至 11 日进行的，燃料样品是均匀混合的 10 g 镍粉和 1 g 氢化铝锂。容器中原始的氢主要是由氢化铝锂分解的。化学反应过程如下

[12]:

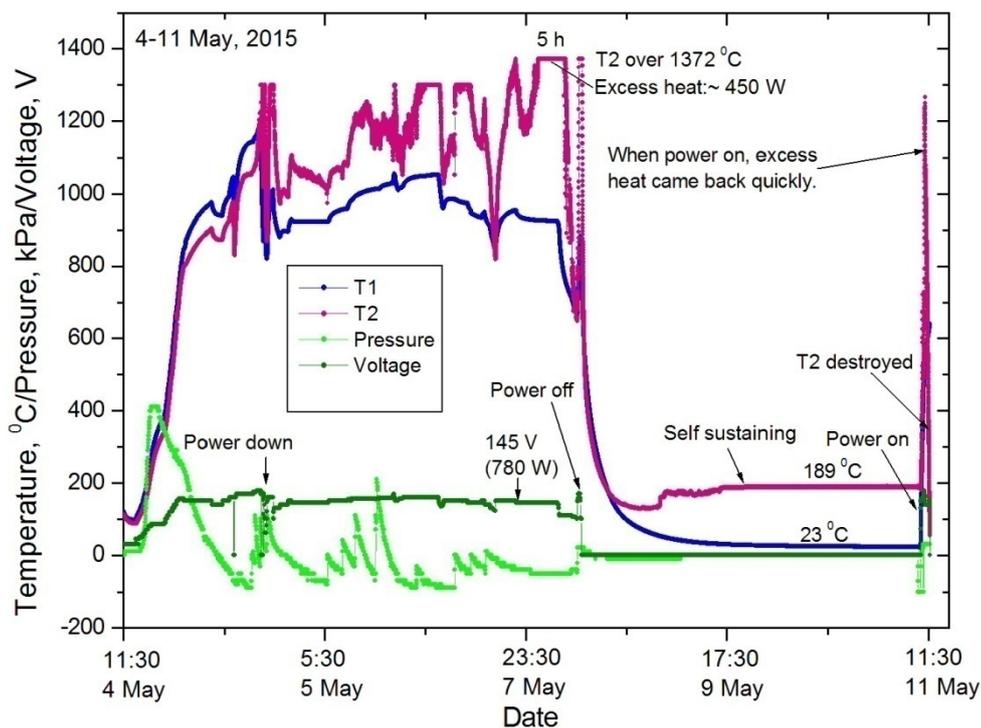


Fig. 2. Variations of T1, T2 temperature, power voltage and pressure in the chamber versus time in first run. Excess heat onset at T2 temperature of 1050°C , and then T2 temperature increased rapidly to above 1300°C and exceeded T1 temperature more than 300°C . Excess heat lasted seven days before T2 destroyed.

图 2. 第一轮实验 T1, T2 温度, 电源电压和容器内压力随时间的变化曲线。在 T2 温度 1050°C , 异常热量开始产生, 随后 T2 温度快速上升, 达到 1300°C 以上, 超出 T1 温差 300°C 。实验持续了 7 天, 直到 T2 坏了。

在实验开始时, 首先是在 100°C 以下温度对不锈钢容器抽真空, 排除腔内的剩余气体, 特别是氧, 持续 20 小时以上, 真空度达到 10^{-4} mbar。随后, 充入氢气 1bar, 维持 10 小时以上。开始慢慢的提升温度到 100°C 以上, 氢化铝锂开始分解。温度, 压力和电源电压随时间的变化呈现在图 2。从图 2 可以看出, 在温度提升时, 容器内的压力渐渐升高。在加热到约 220°C , 压力达到 400 kPa。随后压力开始逐步降低。压力的下降表明分解出的氢被燃料

中的金属，如镍等所吸收。从压力曲线看，氢气主要是通过化学反应（1）分解出来的。

当金属原子吸氢后，氢原子进入金属晶格，与金属原子组合在一起。在 450 °C-1400 °C 温度下，温度和压力变化等外部因素的扰动下，金属原子核与氢核相互作用，例如氢形成高激发态里德伯原子，在外层电子的屏蔽下，克服库仑位垒与金属原子核发生核反应。

从图 2 可以看出，在开始时，由于 T1 更靠近加热器，T2 温度比 T1 低。但是，当镍盒中的燃料样品开始产生热能，T2 温度迅速上升，从 1100 °C 上升到 1300 °C (记录仪设定的温度上限)。

根据说明书，K-热电偶测温范围为-200 °C—1350 °C，在 1100 °C 以下可以长期工作，在 1300 °C 可以短期使用。为了保护-热电偶，在 1300 °C 维持了约 10 分钟后将加热电源关闭。在关闭后 T1 温度快速下降，但 T2 温度仍维持在 1300 °C 达 20 分钟，随后开始下降，这表明燃料样品在产生热能后不需要外部加热能自身维持发热一段时间。当 T2 温度降到 1000 °C，将加热电源功率提升到 900 W，T2 温度上升并再次超过 T1。为了保护热电偶 T2 使它能正常工作更长的时间，大部分时间里 T2 工作在 1200 °C 以下。在连续运行了 4 天以后，在 5 月 8 日下午加热电源断开。在随后冷却的 2 天里，当 T1 温度已经降到室温 23 °C，而 T2 温度靠燃料自身发热维持在 189 °C。为什么 T1 与 T2 的温度能相差如此之大？这是因为热电偶 T1 是处于大气中，容易与室温平衡。T2 是位于封闭的不锈钢容器中，容器内部气压很低，接近真空，保温性能较好，好似一个保温瓶。

5 月 11 日上午继续升温，为了再次激发异常发热，设定电源功率 800 W 开始加热，T2 温度迅速上升到 1250 °C，而这时 T1 温度仅只达到 537 °C。不幸的是在快速升温的过程中 T2 热电偶坏了，实验被迫停止。第一轮实验共进行了 7 天。

第二轮实验

第二轮实验是在 2015 年 11 月 4 日进行。样品是均匀混合的 10 g 镍粉和 2 g 氢化铝锂。这些原料是第一轮实验使用后遗留下来的。所以，这次使用的不是原始真空包装的，而是上次 6 个月前开封的。这样一来，镍粉表面在潮湿空气中可能被氧化，这有碍于氢与镍的化学作用。

在第二轮实验之前，10 月 26-30 日预先进行了一次实验。在加热到 200 °C 以上，容器内的压力仍保持在 400 kPa，看不到压力的明显下降，但在第一轮实验 200 °C 以上气压的下降非常明显（见图 2），这说明氢化铝锂分解出的氢并没有被镍粉所吸取。在连续 4 天的测量中，没有异常的热量产生。后来，为了镍粉进一步与氢作用，将容器连接氢气瓶，保持压力在

100-500 kPa, T2温度20-1100 °C, 3天以后, 第二轮实验开始, 实验过程中出现了异常的发
热(图3)。当T1温度达到1250 °C 时, T2温度却由1150 °C 升高超出1300 °C, 为了保护热电
偶, 将加热电源断开, 电源断开后T1温度迅速下降, T2温度由于燃料样品的自持发热效应,
仍然保持1100-1300 °C, 直到120分钟后热电偶T2坏了, 这次实验也就结束。

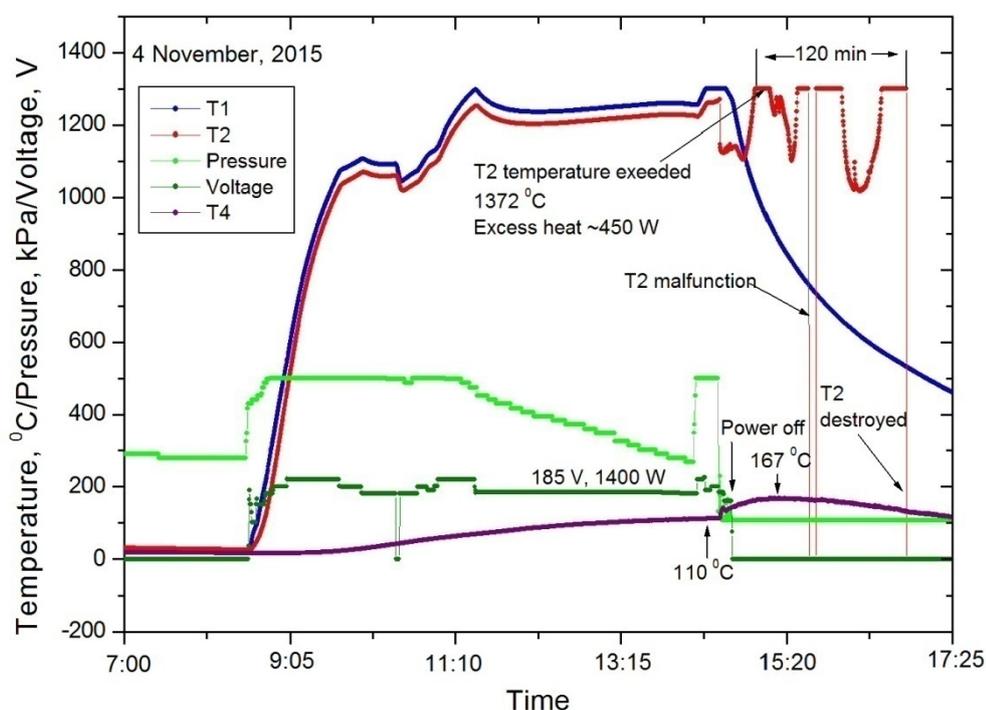


Fig. 3. Variations of T1, T2, T4 temperature, power voltage and pressure in the chamber versus time in second run. Due to self-sustaining heat production, T2 temperature was kept 1300 °C for more than 120 minutes after power off, although T1 temperature dropped down quickly. When excess heat was produced, T4 temperature increased from 110 °C to 167 °C, although power was off.

图3. 第二轮T1, T2温度, 电源电压和容器内压力随时间的变化曲线。在外电源切断后, 由于自持发热效应, T2温度仍可保达到1300 °C, 持续约120分钟, 这时T1温度却快速下降。在异常发热时, 虽然电源已切断, T4温度从110 °C升到167 °C。

第二轮实验由于异常发热后T2热电偶很快就坏了, 持续时间较短。但是, 自持发热效应在这次实验中十分明显。

第二轮实验中另一个值得关注的温度变化是加热器屏蔽体外壁的温度, 即T4, 在关闭电源以后, 它的温度不但不降低反而上升, 从110 °C升高到167 °C(图3), 这表明在实验过程中, 除外加热电源, 容器内还有另一个热源。

第一轮实验中在实验装置附近安放了一个Ge(Li) 探测器检测环境的核辐射，没有探测到 γ -射线辐射超出本底水平。

这两轮实验存在的一个主要问题是实验都是由于T2热电偶烧坏而停止的，热电偶坏以前测量的数据是否可靠？对这个问题作如下说明：

K-型热电偶的说明书表明，它的温度测量范围是-200⁰C—1350⁰C，可长时间工作在0-1100⁰C，在1300⁰C可以短期工作。这两轮实验热电偶的损坏是在7天以后，大部分时间的温度超过1100⁰C。所以，热电偶的损坏主要是和它的寿命关联，并不是热电偶本身的质量出问题，实验中没有看出T2热电偶在坏之前的不正常现象。实验结果表明，有的热电偶在高温下会出现故障，这时热电偶测量的温度读数是降低。从国外数据看，如美国国家标准与技术研究所的资料表明，K-型热电偶的温度范围 -270—1372⁰C，在高温和还原性气氛（氢）中长时间运行，将使得K-型热电偶温差电动势变小，温度读数偏低。这表明T2温度的升高并非出于热电偶的故障，测量数据是可靠的。

在第一轮，当异常热量产生，在外电源功率不变的情况下T2温度从1100⁰C上升到约1400⁰C，温度的增加达300⁰C。根据温度-功率转换因子1.5 W/⁰C，求得异常热量的功率为450 W，在前72小时产生的总热量为78 MJ。

实验中由化学反应可能产生的最大热能是氢和氧的相互作用[13]：



实验中的氢来源主要是由LiAlH₄分解出来的，1g LiAlH₄的氢与氧发生化学反应释放的能量为26 kJ，这比实验中产生的异常热能小三个数量级。因此，异常热量的产生不是来源于化学反应。。

4. 结论

本文对高温下异常热量产生的实验装置和测量方法进行了详细的描述。实验结果显示：用作燃料样品的镍粉和氢化铝锂在加热温度1100⁰C-1300⁰C 时，产生了异常热量。第一轮实验，最大异常热量功率为450 W以上，在前72小时，产生的热能约78 MJ。第二轮实验，当外电源断开后，T1温度明显下降，而T2温度保持在1100-1300⁰C 持续约120分钟，表明容器内的燃料样品自持发热，产生的热功率约为450 W。在第二轮，当外电源断开后，T4温度却反常升高，从110⁰C 升高至 167⁰C。这结果表明，除外部加热电源外，容器内部还有另一热源促使T4温度升高。

由化学反应可能产生的能量为26 kJ，实验中产生的异常热能比这化学能要高出3个数量级。因此，如此巨大的热能可能是由低能核反应（LENR）产生的。低能核反应的相关理论研究近年来也有明显进展，提出各种反应机制[14-18]。但是，目前还没有一种公认的理论。我们的实验结果清楚显示载氢金属系统在常温度下异常热能的产生，对科学研究和新能源开发具有重要意义。

参考文献

- [1] Fleischmann M, Hawkins and Pons S. 1989 *J. Electroanal. Chem.* **261** 301
- [2] Jones S E, Palmer E P, Czirr J B, Decker D L, Jensen G L, Thorue J M, Taylor S F and Rafelski J 1989, *Nature* **338** 737.
- [3] Focardi H, Gabbani V, Montalbano V, Piantelli F and Veronesi S 1998 *Nucovo Cimento A* **111** 1233.
- [4] Menlove H O, Fowler M M, Careia E, et al. 1990 *Journal of Fusion Energy* **9** 495.
- [5] Biberian J P 2007 *J. Nucl. Ener. Sci. Tech.*, **3** 31.
- [6] Jiang S S, He M, Wu S Y and Qi B J 2012 *Chin. Phys. Lett.* **29** 012503.
- [7] Jiang S S, Xu X M, Zhu L Q, Gu X G, Ruan X C, He M and Qi B J 2012 *Chin. Phys. Lett.* **29** 112501
- [8] Chubb S R and Reator O 2011 *Infinite Energy* **96** 31.
- [9] M. Macy 2011 *Infinite Energy* **97** 3.
- [10] Parkhomov A G 2015 *Journal of Emerging Areas of Science* **3**(7) 68, in Russian.
- [11] Parkhomov A G 2015 *Journal of Emerging Areas of Science* **3**(8):34, in Russian.
- [12] Løvvik, O.M.; Opalka, S.M.; Brinks, H.W.; Hauback, B.C 2004. *Physical Review B.* **69** 134117.
- [13] Stepanov I N, Malahov Y I and Quoc C N 2015 *Journal of Emerging Areas of Science* **3**(9) 90, in Russian.
- [14] Storms, E.K., The science of low energy nuclear reaction (World Scientific, Singapore, 2007).
- [15] Kim Y E, 2009 *Naturwissenschaften* **96** 803.
- [16] Takahashi A 2012 *J Condensed Matter Nucl. Sci.* **9** 108.
- [17] Li X Z, Dong Z M and Liang C L, 2012 *J Fusion Energy*, **31** 432
- [18] Liang C L, Dong Z M and Li X Z 2015 *Current Science* **108** 519.

Anomalous heat production in hydrogen-loaded metals: Possible nuclear reactions occurring at normal temperature

Bu-Jia Qi, Ming He, Shao-Yong Wu, Qing-Zhang Zhao, Xiao-Ming Wang, Yi-Jun Pang, Xian-Lin Yang and Song-Sheng Jiang *

China Institute of Atomic Energy, P.O. 275(49), Beijing 102413

*Corresponding author. E-mail: ssjiang@ciae.ac.cn, jiang@ihep.ac.cn

This paper reports a result of anomalous heat generation in hydrogen-loaded metals at temperature below 1300 °C. The heat was produced in the fuel sample (mixture of nickel powder and LiAlH₄), which was filled a nickel cell, and then the cell was placed in a sealed stainless-steel chamber. The results of two runs are demonstrated. Excess heat lasted for seven days in the first run. The maximum excess heat power was produced more than 450 W. The excess heat was evaluated to be 78 MJ for the first 72 hours. In the second run, excess heat lasted for 120 minutes after external heating power turning off, and the maximum heat power was ~450 W. The self sustaining effect can be observed clearly when power off in the second run. The maximum heat energy from possible chemical reaction was estimated to be 26 kJ, a value much smaller than the excess heat. Therefore, excess heat could not originate from any chemical reactions and it might originate from some nuclear reactions.

Keywords: Excess heat, Ni-H heat generation. Low energy nuclear reaction